



Kajian Efektifitas Pengendalian Banjir di DAS Garang

TESIS

**Disusun Dalam Rangka Memenuhi Salahsatu Persyaratan
Program Magister Teknik Sipil**

Oleh:

Arbor Reseda

21010110400004

PROGRAM PASCA SARJANA

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2012

HALAMAN PENGESAHAN

Kajian Efektifitas Pengendalian Banjir di DAS Garang

Disusun Oleh :

Arbor Reseda

NIM : 21010110400004

Dipertahankan di depan Tim Penguji pada tanggal :

7 September 2012

Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk
memperoleh gelar Magister Teknik Sipil

Tim Penguji

- | | | |
|---------------------------------|--------------|-------|
| 1. Dr. Ir. Suseno Darsono, M.Sc | (Ketua) | |
| 2. Dr. Ir. Suharyanto, M.Sc | (Sekretaris) | |
| 3. Ir. Hari Budienny, MT | (Anggota 1) | |
| 4. Prof. Dr. Ir. Suripin, M.Eng | (Anggota 2) | |

Semarang, 21 September 2012

Universitas Diponegoro
Program Pascasarjana
Magister Teknik Sipil
Ketua,

Dr. Ir. Bambang Riyanto, DEA

NIP. 195303261987031001

ABSTRAKSI

KAJIAN EFEKTIFITAS PENGENDALIAN BANJIR DI DAS GARANG

Semarang adalah ibukota dari Provinsi Jawa Tengah yang setiap tahun dihadapkan oleh masalah sumber daya air yaitu kekeringan di musim kemarau dan banjir di musim penghujan. DAS Garang adalah Daerah Aliran Sungai dimana sebagian besar wilayahnya berada di Kota Semarang dan sebagian kecil berada di Kabupaten Semarang dan Kabupaten Kendal, dengan hulunya dari Gunung Ungaran mengalir ke hilir ke Laut Jawa. Karena kondisi geografisnya, DAS Garang berperan penting dalam aspek sumber daya air di Kota Semarang.

Penelitian ini menitikberatkan pada pengendalian banjir di DAS Garang dengan periode ulang 100 tahun. Pengendalian banjir pada penelitian ini menitikberatkan pada efektifitas suatu infrastruktur dalam meredam debit banjir yang mengalir di hilir DAS Garang yaitu melalui Banjir Kanal Barat. Data yang diperlukan untuk pengolahan data pada penelitian ini antara lain data geomorfologi DAS Garang dan sungai-sungai yang ada di dalamnya, khususny sungai-sungai utama seperti Banjir Kanal Barat, Sungai Garang, Sungai Kreo dan Sungai Kripik, data hidrologi berupa data curah hujan, data muka air sungai dan data pasang surut air laut di Laut Jawa.

Tahapan olah data mencakup analisis hidrologi secara manual dengan metode Gama-1, kalibrasi debit banjir dengan data aktual yang berasal dari AWLR Panjang serta memodelkan penelusuran banjir yang datanya telah dikalibrasi tersebut dengan pendekatan hidrologi, menggunakan perangkat lunak HEC-HMS, dan pendekatan hidrolika, menggunakan perangkat lunak HEC-RAS. Kemudian dirancang skenario-skenario pengendalian banjir yang akan dikaji efektifitasnya dalam meredam banjir. Selain fungsi daripada peredaman banjir, kajian juga mencakup efektifitas biaya secara sederhana yang kemudian dilanjutkan dengan mengkaji hubungan antara peredaman debit banjir pada suatu waduk terhadap luas genangan waduk dan volume genangan waduk. Selain itu penelitian ini juga mengkaji hubungan antara pendekatan hidrologi dan pendekatan hidrolika di dalam suatu penelusuran banjir.

Dari hasil kajian yang akan dipaparkan pada penelitian ini, kita mendapati bahwa kombinasi antara Waduk Jatibarang, Waduk Garang dan Waduk Mundingan adalah kombinasi yang efektif dalam meredam debit banjir sebesar 935,14 m³/detik serta pelaksanaannya dinilai efektif terhadap biaya, sosial dan lingkungan dengan efektifitas 0,58 m³ tiap 1 milyar rupiah. Hasil kajian pada penelitian ini menunjukkan bahwa luas genangan dan volume genangan pada tampungan berbanding lurus dengan peredaman banjir. Pada penelitian ini juga dapat kita ketahui hubungan antara pendekatan hidrologi dan hidraulik di dalam penelusuran banjir dimana pendekatan hidrologi adalah penyederhanaan dari pendekatan hidraulik dengan mengabaikan pengaruh akselerasi dan tekanan pada suatu aliran.

Dengan dilaksanakannya penelitian ini, diharapkan penelitian ini dapat menjadi referensi yang akurat untuk mengetahui efektifitas pengendalian banjir di DAS Garang. Lebih jauh lagi, diharapkan penelitian ini dapat menjadi referensi untuk kajian-kajian sejenis di masa mendatang.

ABSTRACT

ANALYSIS FOR EFFECTIVENESS OF FLOOD CONTROL IN GARANG WATERSHED

Semarang is capital city of Central Java, Indonesia that suffers water resources problems every year including drought in dry season and flood in wet season. Garang watershed is a watershed that most of its region in Semarang city and less of its region in Semarang municipality and Kendal municipality. The upstream of Garang watershed is from Mount. Ungaran and the downstream of Garang watershed is in Java Sea. According to its geographical condition, Garang watershed is important key for water resources aspect in Semarang city and surrounding areas.

This analysis is concentrated in flood control in Garang watershed with return period of flood design is 100 year return period. Flood control in this analysis is concentrated in effectiveness of an infrastructure in reducing flood discharge that flows through rivers in Garang watershed especially through west floodway in downstream of Garang watershed. The data for this analysis are geomorphological data of Garang watershed and its main river such as Garang river, Kreo river and Kripik river. Another important data is hidrological data like, rain fall data, water surface data and tidal data in Java Sea.

The next step is including hidrological analysis, manually with Gama-1 method, then calibration for flood discharge with actual data from AWLR Panjangan. After calibration, we make mathematical model for flood routing in two methods. Flood routing with hidrological method we used HEC-HMS software and flood routing with hydraulic method, using HEC-RAS software. The analysis created some scenario flood routing to analyze the effectiveness. The analysis also including effectiveness flood reduction, cost effectiveness, the connection between area, volume of storage with reducing flood discharge. And we also analyze the connection between hidrological method and hydraulic method in flood routing based on simulation result using the two methods.

From the analysis, we know that combination of Jatibarang Dam, Garang Dam and Mundingan Dam is effective storage to reduce flood (935,14 m³/s) and effective in term of cost and social aspect with 0,58 m³/s for every 1 billion rupiah. This analysis also mentioned that area and volume of storage have linear connection with flood control. This analysis also showed the connection between hydrology formula and hydraulic formula in flood routing that hydrology formula is simplification of hydraulic formula with abandoning acceleration and pressure aspect.

Finally, after analysis completed, we can use it for reference to know effectiveness of flood control in Garang watershed and more over we can use it for reference for next study in the future.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAKSI.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Maksud dan Tujuan.....	5
1.4 Lingkup Kegiatan	6
1.5 Hipotesis	7
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA	8
1.1 Pengendalian Banjir	8
2.2 Kajian Hidrologi.....	12
2.2.1 Infiltrasi.....	12
2.2.2 Analisis Curah Hujan	13
2.2.3 Analisis Debit Banjir Rencana	14
2.3 Hidrolika.....	15
2.4 Penelusuran Banjir	17
2.4.1 Persamaan Hidrologis (Muskingum-Chunge).....	18
2.4.2 Perhitungan Waktu Konsentrasi	18
2.4.3 Persamaan Hidraulik.....	19
2.5 Permodelan Penelusuran Banjir	20
2.5.1 Permodelan HEC-HMS	21
2.5.2 Permodelan HEC-RAS.....	22
2.6 Kajian Efektifitas Pengendalian Banjir	24

BAB 3 METODE PENELITIAN.....	25
3.1 Obyek Penelitian.....	25
3.2 Tahapan Pelaksanaan Penelitian	25
3.3 Tahapan Pengelolaan Data	31
3.3.1 Pengolahan Data Hidrologi	31
3.3.2 Pengolahan Data Hidraulik Sungai	35
3.3.3 Penelusuran Banjir	36
3.4 Metode Pengumpulan Data	38
3.4.1 Data Hidrologi	38
3.4.2 Data Hidrolik Sungai	39
3.4.3 Penelusuran Banjir	40
3.5 Analisis Efektivitas dan efisiensi masing-masing skenario.....	41
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	42
4.1 Kajian Hidrologi.....	42
4.1.1 Analisis Curah Hujan Hujan	42
4.1.2 Analisis Distribusi Curah Hujan Periode 100 tahun	45
4.1.3 Analisis Pengaruh Tata Guna Lahan.....	51
4.1.4 Perhitungan Distribusi Hujan Jam-jaman Berdasarkan Hasil Pengukuran	52
4.1.5 Perhitungan Debit Q 100 dengan Metode Gama-1	53
4.2 Kajian Hidrolika.....	56
4.2.1 Geomorfologi Sungai yang Dikaji.....	56
4.4.2 Pengolahan Data.....	57
5.1.2 Perhitungan Kapasitas Sungai Garang dan Banjir Kanal Barat	58
4.3 Penelusuran Banjir.....	59
4.3.1 Kalibrasi Debit dan Penelusuran Banjir Periode Ulang 100 tahun	60
4.3.2 Penelusuran Banjir Kondisi Eksisting	65
4.4 Peredaman Banjir pada Masing-masing Skenario.....	74
4.4.1 Penelusuran Banjir Skenario 1	75
4.4.2 Penelusuran Banjir Skenario 2	79
5.1.2 Penelusuran Banjir Skenario 3	85
4.4.4 Penelusuran Banjir Skenario 4	90
4.4.5 Penelusuran Banjir Skenario 5	92

4.4.6 Hasil Penelusuran Banjir	92
4.5 Efektifitas Pengendalian Banjir terhadap Biaya serta Kajian Sosial dan Lingkungan	98
4.5.1 Kajian Ekonomi Waduk Jatibarang	99
4.5.2 Kajian Ekonomi Masing-masing Infrastruktur	100
4.6 Kajian Hubungan antara Luas Genangan dengan Efektifitas Pengendalian Banjir	104
4.7 Kajian Hubungan antara Volume Genangan dengan Efektifitas Pengendalian Banjir	105
4.8 Kajian Hubungan antara Peredaman banjir dengan pendekatan hidrologi dan hidrolika	107
BAB V KESIMPULAN	110
5.1. KESIMPULAN Kesimpulan	110
5.1.1 Karakteristik Hidrologi dan Hidraulik DAS Garang	110
5.1.2 Penelusuran Banjir	110
5.1.3 Efektifitas Pengendalian Banjir	111
5.2 Saran	112
DAFTAR PUSTAKA	113
DAFTAR LAMPIRAN	114
Lamp.1 Data Curah Hujan Harian di Stasiun Simongan	115
Lamp. 2 Tabel uji konsistensi RAPS	121
Lamp. 3 Tabel distribusi Gumble	122
Lamp. 4 Tabel Nilai Faktor Frekuensi (k) Sebagai Fungsi Dari Nilai CV	123
Lamp. 5 Nilai Variabel Reduksi Gumbel	125
Lamp. 6 Nilai D Kritis untuk Uji Smirnov - Kolmogrov	126
Lamp. 7 Data Curah Hujan Jam-jaman di Stasiun Ahmad Yani untuk perhitungan distribusi curah hujan	127
Lamp. 8 Fluktuasi Debit Harian AWLR Panjang, Sungai Garang	130
Lamp. 9 Hidrograf Sintetik Sub DAS Garang	132
Lamp. 10 Hidrograf Sintetik Sub DAS Kreo	133

Lamp. 11 Hidrograf Sintetik Sub DAS Kripik.....	134
Lamp. 12 Pengamatan Pasang Surut Tiap-tiap Jam Stasiun Meteorologi Maritim Semarang, November 2010.....	138
Lamp. 13 Rekapitulasi Debit puncak pada masing-masing titik.....	139
Lamp. 14 Lampiran Output HEC-RAS kondisi Eksisting	140
Lamp. 15 Data Genangan Waduk Jatibarang, (tabel, grafik dan situasi genangan)	150
Lamp. 16 Data Genangan Waduk Mundungan, (tabel, grafik dan situasi genangan)	152
Lamp. 17 Data Genangan Waduk Garang, (tabel, grafik dan situasi genangan).....	154
Lamp. 18 Data Genangan Waduk Kripik 1 dan 2, (tabel, grafik dan situasi genangan).....	156
Lamp. 19 Rekapitulasi Hidrograf Banjir Jam-jaman masing-masing skenario	158
Lamp. 20 Grafik Peredaman Banjir	159
Lamp. 21 Rekapitulasi Debit puncak banjir 100 tahun pada masing-masing lokasi	160

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta tata guna lahan DAS Garang (Sumber: Dinas Tata Ruang dan Pemukiman Kota Semarang).....	2
Gambar 1. 2 Karakteristik hidraulik tiga sungai utama di DAS Garang (berdasarkan peta kontur).....	3
Gambar 1. 3 Peta DAS Garang dan elevasi dasar sungai-sungainya (Sumber : Survei, Investigasi dan Desain DAS Garang, BBWS Pemali-Juana).....	4
 Gambar 2. 1 Skema Pengendalian Banjir Q 100 tahun pada laporan Detail Desain JICA, tahun 2000.....	10
Gambar 2. 2 Skema Pengendalian Banjir Q 50 tahun pada laporan Review Desain JICA, tahun 2008.....	11
Gambar 2. 3 Pekerjaan fisik yang dilakukan sesuai dengan Studi JICA	11
Gambar 2. 4 Bagan alir analisis hidrologi debit banjir rancangan.....	14
Gambar 2. 5 Diagram persamaan energi.....	15
Gambar 2. 6 Konsep aliran tidak tetap pada saluran terbuka.....	17
Gambar 2. 7 Konsep Penelusuran Banjir Muskingum-Chunge	18
Gambar 2. 8 Peta Sub DAS Garang (kuning), Sungai Kreo(hijau) dan Sungai Kripik(oranye) dan Banjir Kanal Barat(merah)	20
Gambar 2. 9 Contoh permodelan penelusuran banjir dengan menggunakan perangkat lunak HEC-HMS di dalam suatu DAS	22
Gambar 2. 10 Contoh permodelan penelusuran banjir dengan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS di dalam suatu sungai	23
 Gambar 3. 1 Kondisi eksisting dimana Banjir Kanal Barat sudah dinormalisasi dan Waduk Jatibarang sudah ada	26
Gambar 3. 2 Lokasi Sungai dan rencana Waduk yang akan diteliti di DAS Garang	28
Gambar 3. 3 Peta RTRW Kota Semarang.....	30
Gambar 3. 4 Flowchart tahapan pelaksanaan penelitian.....	31
Gambar 3. 5 Konfigurasi thiessen di tiga stasiun curah hujan yang ada di DAS Garang...	34
Gambar 3. 6 Skema orde-orde sungai di Sub DAS Garang (kanan), Sub DAS Kreo (kiri) dan Sub DAS Kripik (tengah)	35

Gambar 3. 7 Perhitungan geometri Sub DAS Garang (kanan), Sub DAS Kreo (kiri) dan Sub DAS Kripik (tengah).....	39
Gambar 3. 8 Lokasi yang akan dianalisis secara hidrologis	39
Gambar 4. 1 Lokasi ketiga Stasiun Hujan di DAS Garang.....	42
Gambar 4. 2 Grafik curah hujan harian maksimum di DAS Garang	44
Gambar 4. 3 Hasil Pencatatan karakteristik hujan pada stasiun Ahmad Yani dari tanggal 1 Oktober 2010 hingga 31 Desember 2010.....	53
Gambar 4. 4 Hasil Kalibrasi distribusi curah hujan jam-jaman di DAS Garang	59
Gambar 4. 5 Grafik rata-rata pasang surut pada bulan November 2010 yang diambil di Stasiun Meteorologi Maritim Semarang	62
Gambar 4. 6 Hidrograf debit banjir hasil penelusuran secara hidrologi di DAS Garang pada debit rencana 100 tahun.....	63
Gambar 4. 7 Model pada penelusuran banjir dengan perangkat lunak HEC-HMS (kiri) dan HEC-RAS (kanan).....	65
Gambar 4. 8 Denah Waduk Jatibarang, warna biru adalah daerah genangan dan warna merah adalah daerah limpasan	67
Gambar 4. 9 Grafik perbandingan elevasi dan volume Waduk Jatibarang.....	69
Gambar 4. 10 Grafik peredaman banjir pada Waduk Jatibarang secara manual	71
Gambar 4. 11 Grafik peredaman banjir pada Waduk Jatibarang dengan menggunakan bantuan perangkat lunak HEC-HMS	73
Gambar 4. 12 Lokasi Sungai dan rencana Waduk yang akan diteliti	75
Gambar 4. 13 Denah Waduk Mundingan, warna biru adalah daerah genangan dan warna merah adalah daerah limpasan	76
Gambar 4. 14 Grafik hubungan antara elevasi, luas dan volume genangan Waduk Mundingan	77
Gambar 4. 15 Grafik peredaman banjir pada Waduk Mundingan	78
Gambar 4. 16 Denah Waduk Garang, warna biru adalah daerah genangan dan warna merah adalah daerah limpasan	80
Gambar 4. 17 Grafik hubungan antara elevasi, luas dan volume genangan Waduk Garang	81
Gambar 4. 18 Permodelan HEC-HMS pada Skenario 2	83
Gambar 4. 19 Grafik peredaman banjir pada Waduk Garang.....	84
Gambar 4. 20 Denah Waduk Kripik 1 (a) dan Waduk Kripik 2 (b).....	86

Gambar 4. 21 Grafik hubungan antara elevasi, luas dan volume genangan Waduk Kripik 1	86
Gambar 4. 22 Grafik hubungan antara elevasi, luas dan volume genangan Waduk Kripik 2	87
Gambar 4. 23 Permodelan HEC-HMS pada Skenario 3	88
Gambar 4. 24 Grafik peredaman banjir pada Waduk Kripik 1 (a) dan Waduk Kripik 2 (b)	89
Gambar 4. 25 Lokasi kolam detensi.....	90
Gambar 4. 26 Model HEC-HMS Kolam Retensi	91
Gambar 4. 27 Peredaman banjir oleh Kolam Detensi di Muara Banjir Kanal Barat	91
Gambar 4. 28 Permodelan HEC-HMS seluruh skenario	96
Gambar 4. 29 Hidrograf masing-masing skenario	96
Gambar 4. 30 Grafik hubungan antara luas genangan waduk dengan peredaman banjir pada Waduk Jatibarang (1), Waduk Mundingan (2), Waduk Garang (3), Waduk Kripik 1(4) dan Waduk Kripik 2 (5).....	105
Gambar 4. 31 Grafik hubungan antara luas genangan waduk dengan peredaman banjir pada Waduk Jatibarang (1), Waduk Mundingan (2), Waduk Garang dengan pengoperasian pintu (3a), Waduk Garang tanpa pengoperasian pintu (3b), Waduk Kripik 1(4) dan Waduk Kripik 2 (5).....	106
Gambar 4. 32 Permodelan HEC-RAS seluruh skenario	109

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Pembagian zona kemiringan sungai-sungai di DAS Garang	5
Tabel 2. 1 Potensi Waduk di Kota Semarang yang distudi oleh JICA	9
Tabel 3. 1 Stasiun curah hujan di DAS Garang	31
Tabel 3. 2 Tabel kekasaran manning.....	39
Tabel 4. 1 Curah hujan maksimum per tahun di masing-masing stasiun curah hujan.....	43
Tabel 4. 2 Tabel curah hujan maksimum per tahun dengan metode Thiessen (a) berdasarkan urutan tahun, (b) berdasarkan urutan intensitas hujan.....	44
Tabel 4. 3 Tabel curah hujan maksimum per tahun dengan metode Thiessen (a) berdasarkan urutan tahun, (b) berdasarkan urutan intensitas hujan.....	45
Tabel 4. 4 Perhitungan Curah Hujan Rancangan Dengan Menggunakan Distribusi Gumbel Tipe I.....	46
Tabel 4. 5 Nilai Ekstrim Distribusi Gumbel Tipe I.....	47
Tabel 4. 6 Perhitungan Kurva Distribusi Log-Normal Dua Parameter dan hasil interpolasi CV.....	47
Tabel 4. 7 Nilai Ekstrim Distribusi Log Pearson Tipe III dan Hasil interpolasi nilai Cs ...	48
Tabel 4. 8 Nilai Ekstrim Distribusi Frechet	48
Tabel 4. 9 Uji Smirnov-Kolmogorof untuk Distribusi Gumbel.....	49
Tabel 4. 10 Uji Smirnov-Kolmogorof untuk Distribusi Log Normal	49
Tabel 4. 11 Uji Smirnov-Kolmogorof untuk Distribusi Log Person III	50
Tabel 4. 12 Uji Smirnov-Kolmogorof untuk Distribusi Frechet.....	50
Tabel 4. 13 Rekap Uji Smirnov-Kolmogorof	51
Tabel 4. 14 Koefisien Tata Guna Lahan di DAS Garang	51
Tabel 4. 15 Jumlah Hujan Tiap Jam per hari terbesar dari tanggal 1 September 2010 hingga 31 Desember 2010.....	52
Tabel 4. 16 Tabel parameter geomorfologi sungai dan Gama-1	54
Tabel 4. 17 Perhitungan hidrograf satuan masing-masing Sub DAS, (a) Sub DAS Garang, (b) Sub DAS Kreo, (c) Sub DAS Kripik	56
Tabel 4. 18 Data geomorfologi sungai-sungai utama di DAS Garang	59
Tabel 4. 19 Perbandingan debit banjir pada penelusuran banjir di DAS Garang	65

Tabel 4. 20 Perbandingan antara elevasi, luas genangan dan volume pada Waduk Jatibarang, tabel yang ditandai dengan warna biru adalah elevasi limpasan...	68
Tabel 4. 21 Tabel penelusuran banjir pada Waduk Jatibarang	70
Tabel 4. 22 Hasil kajian peredaman banjir dengan HEC-HMS	92
Tabel 4. 23 Rekapitulasi Debit puncak pada masing-masing skenario.....	98
Tabel 4. 24 Penilaian kajian sosial dan lingkungan	99
Tabel 4. 25 Konversi biaya pembangunan dari referensi Waduk Jatibarang.....	100
Tabel 4. 26 Penilaian efektifitas masing-masing skenario.....	104
Tabel 4. 27 Rekapitulasi hubungan antara luas genangan dan volume genangan terhadap peredaman banjir	107
Tabel 4. 28 Hasil kajian penelusuran banjir dengan pendekatan hidrologi dan hidraulika	109

BAB 1

PENDAHULUAN

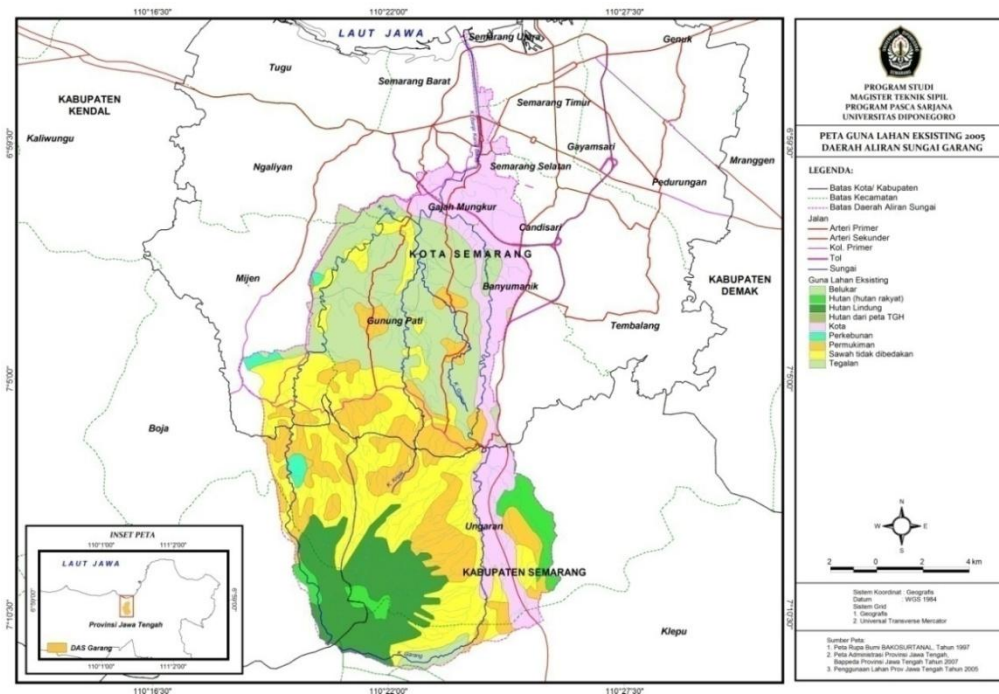
1.1 Latar Belakang

Kota Semarang hampir setiap tahun mengalami bencana banjir. Pada kurun waktu dua puluh lima tahun belakangan ini, terjadi banjir bandang pada tahun 1973, 1988, 1990 dan 1993 di Sungai Garang yang memakan korban jiwa. Pada tahun 1990, banjir bandang memakan korban sebanyak 47 orang.

Dalam rangka mengendalikan banjir Kota Semarang dan sekitarnya, diperlukan penanganan – penanganan yang serius dan terintegrasi dari berbagai pihak yang terkait.

Salah satu sungai utama yang melintas Kota Semarang adalah Sungai Garang yang membelah Kota Semarang bagian barat. Untuk mengendalikan banjir di Sungai Garang, selain melalui upaya non-fisik, diperlukan upaya fisik dari teknologi konstruksi. Pemilihan bangunan pengendali banjir harus diperhitungkan dengan cermat, keuntungan, kerugian, manfaat dan kendalannya.

DAS Garang adalah salah satu DAS utama di Wilayah Sungai Jratunseluna dan sebagian besar arealnya berada di Kota Semarang dan sebagian kecil berada di Kabupaten Semarang dan Kabupaten Kendal dengan luas DAS sekitar kurang lebih 200,16 km². DAS Garang terdiri dari tiga anak sungai utama yaitu, Sungai Garang, Sungai Kreo dan Sungai Kripik yang bergabung menjadi satu sungai yaitu Sungai Garang di Tugu Suharto. Setelah melewati Bendung Simongan, nama Sungai Garang berubah menjadi Banjir Kanal Barat.



Gambar 1. 1 Peta tata guna lahan DAS Garang (Sumber: Dinas Tata Ruang dan Pemukiman Kota Semarang)

Sudah banyak studi yang merekomendasikan pembangunan beberapa waduk dan penanganan fisik lainnya namun sebagian besar belum dilaksanakan karena terkendala biaya. Saat ini peneliti ingin melakukan penelitian mengenai efektifitas kombinasi pembangunan infrastruktur pengendalian banjir di DAS Garang. Diharapkan dengan adanya penelitian ini kita dapat mengetahui skenario yang paling efektif yang dapat diimplementasikan di lapangan untuk pengendalian banjir di DAS Garang.

1.2 Permasalahan

Sungai Garang bermata air di Gunung Ungaran dan alirannya bermuara di Laut Jawa. Jarak sungai kurang lebih sebesar 35 km dengan perbedaan ketinggian sebesar kurang lebih 2.050 m. Dengan karakteristik demikian, tipe banjir yang terjadi adalah banjir dengan pola rambatan yang cepat (*flash flood*).

Secara umum Sungai Garang dibagi menjadi tiga zona, yaitu zona atas, zona tengah dan zona bawah. Zona atas topografinya berupa pegunungan dengan kemiringan dasar sungai yang sangat curam sehingga kecepatan alirannya termasuk jenis aliran super kritis. Karakteristik hidrolik pada zona tersebut adalah kecepatan alirannya tinggi sehingga angkutan sedimen dan erosi yang terjadi juga cukup tinggi.

Zona tengah topografinya berupa perbukitan dimana kemiringannya tidak setajam zona di atasnya. Zona bawah topografinya sangat landai, yaitu di wilayah perkotaan dengan kemiringan dasar sungai yang sangat landai sehingga gejala yang terjadi adalah sedimentasi atau pengendapan di dasar saluran. Berdasarkan lokasi geografisnya, Sungai Garang berada pada $7^{\circ}4'30''$ to $7^{\circ}5'48''$ Lintang Selatan dan $110^{\circ}20'7''$ to $110^{\circ}20'26''$ Bujur Timur. Data DAS :

Nama DAS = DAS Garang

Nama WS = Jratunseluna

Sungai Utama = Sungai Garang, Sungai Kreo dan Sungai Kripik

Luas DAS = 200,16 km²

Panjang sungai = 35 km

Hulu sungai = Gunung Ungaran

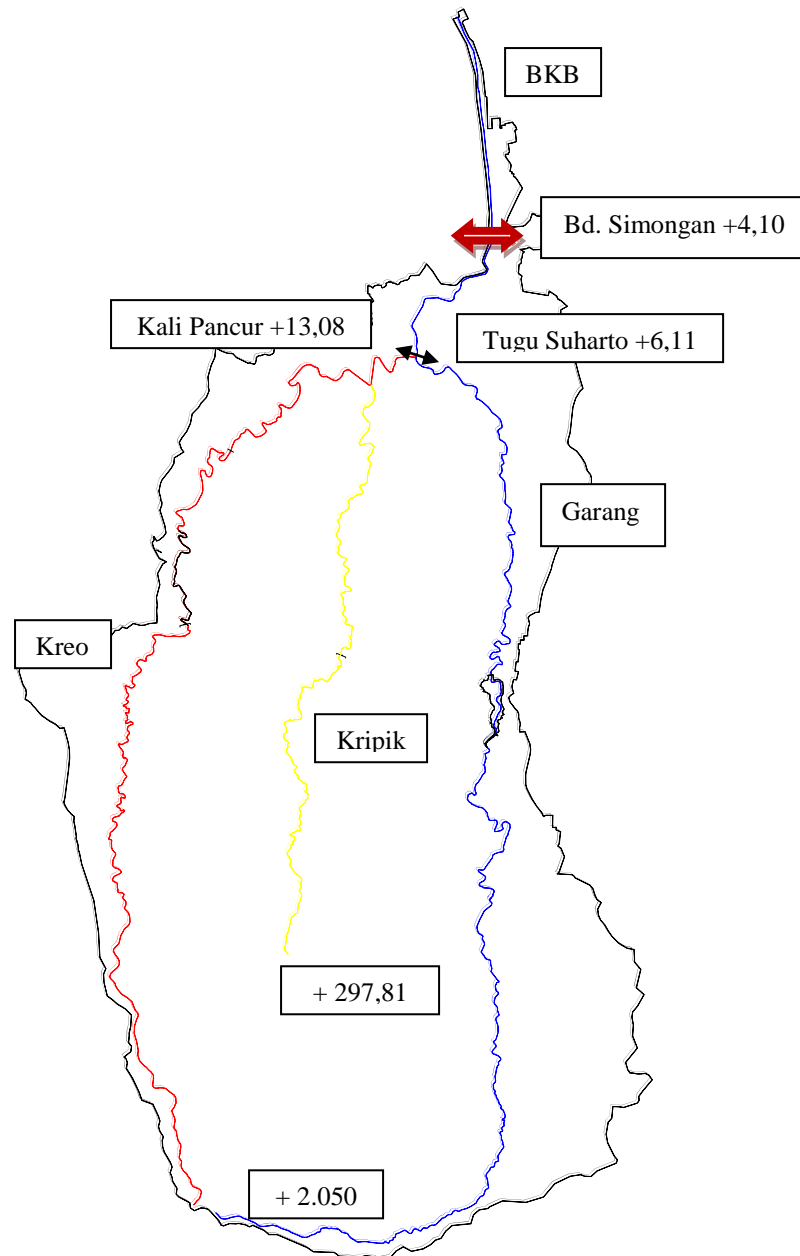
Hilir sungai = Laut Jawa

Beda elevasi = 2.050 m

Lokasi = sebagian besar di Kota Semarang, sebagian kecil mencakup Kabupaten Semarang dan Kabupaten Kendal

El. Hu (m)	El. Hi (m)	Jarak (m)	Kemiringan dasar sungai (i)
Banjir Kanal Barat			
0.00	-2.50	5,560.34	0.000450
Bendung Simongan			
Sungai Garang			
6.11	4.10	3,799.38	0.000529
Sungai Kreo			
El.Hu(m)	El. Hi (m)	Jarak (m)	Kemiringan (i)
13.08	6.11	1,863	0.003741
Sungai Garang Hulu			
El.Hu(m)	El.Hi(m)	Jarak (m)	Kemiringan (i)
285.34	6.11	15,000	0.018615
2,050.00	285.34	18,900	0.093368
Sungai Kreo			
El.Hu(m)	El.Hi(m)	Jarak (m)	Kemiringan (i)
188.04	13.08	18,717	0.009348
2,050.00	188.04	11,900	0.156467
Sungai Kripik			
El.Hu(m)	El.Hi(m)	Jarak (m)	Kemiringan (i)
297.82	13.08	11,025	0.025827
Zona bawah			
Zona tengah			
Zona atas			

Gambar 1. 2 Karakteristik hidraulik tiga sungai utama di DAS Garang (berdasarkan peta kontur)



Gambar 1. 3 Peta DAS Garang dan elevasi dasar sungai-sungainya (Sumber : Survei, Investigasi dan Desain DAS Garang, BBWS Pemali-Juana)

Dengan karakteristik tersebut, Sungai Garang sering terancam banjir setiap tahun. Dengan tipe rambatan banjir yang membutuhkan waktu rambat yang cepat, pengendalian banjir dengan cara yang tepat sangat dibutuhkan. Sudah ada kajian-kajian pembuatan waduk, antara lain Waduk Jatibarang dan Waduk Mundingan di Sungai Kreo, Waduk Kripik di Sungai Kripik dan Waduk Garang di Sungai Garang serta normalisasi Sungai Garang hilir dan Banjir Kanal Barat dari Tugu Suharto hingga muara Banjir Kanal Barat.

Namun hingga kini, implementasi pembangunan infrastruktur yang dilakukan di DAS Garang baru pembuatan Waduk Jatibarang dan Normalisasi sungai. Pada penelitian Sungai ini, peneliti bermaksud menganalisis seberapa besar efektifitas bangunan penampung air yang dapat dibangun di Sungai Garang dalam mengendalikan banjir di Sungai Garang dengan menitikberatkan pada keterkaitan antara karakteristik sungai dan efektifitas bangunan penampung air terhadap pengendalian debit banjir di Sungai Garang.

Tabel 1. 1 Pembagian zona kemiringan sungai-sungai di DAS Garang

Nama Sungai	Zona Bawah		Zona Tengah		Zona Atas	
	Jarak (m)	Slope	Jarak (m)	Slope	Jarak (m)	Slope
Banjir Kanal Barat	5,620	0.000450				
Garang	3,799	0.000528	15,000	0.018616	18,900	0.093368
Kreo			20,580	0.008840	11,900	0.156468
Kripik			11,025	0.025827		

Telah banyak dilakukan studi dan desain infrastruktur sumber daya air di DAS Garang antara lain Waduk Jatibarang, Waduk Mundingan, Waduk Garang, Waduk Kripik, normalisasi sungai dan kolam-kolam detensi. Namun sebagian besar dari studi tersebut terkendala di aspek biaya dan aspek sosial. Untuk itu, diperlukan kajian yang lebih mendalam mengenai efektifitas dari masing-masing infrastruktur tersebut.

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud penelitian ini adalah untuk mengkaji karakteristik dan efektivitas tampungan air dan pengaruh geomorfologi sungai dalam perambatan banjir di DAS.

Tujuan penelitian ini antara lain :

- Mempelajari karakteristik hidrologi DAS Garang
- Meneliti karakteristik hidraulik aliran Sungai Garang
- Meneliti penelusuran banjir di DAS Garang dan pengendalian banjir dengan debit periode ulang 100 tahun melalui skenario-skenario
- Meneliti efektifitas waduk terhadap peredaman debit puncak banjir dan waktu terjadinya serta mengkaji hubungan antara luas dan volume genangan dengan peredaman debit banjir di dalam suatu waduk

1.4 Lingkup Kegiatan

Pengendalian Banjir di DAS Garang direncana menggunakan debit banjir periode ulang 100 tahun. Pengendalian banjir dilakukan dengan :

- 1) Pembuatan waduk di hulu Sungai Garang dan Sungai Kreo
- 2) Normalisasi Sungai di bagian hilir Sungai Garang, Sungai Kreo dan Banjir Kanal Barat
- 3) Pembuatan kolam detensi yang direncana akan dibangun di bagian hilir sungai

Lingkup kegiatan penelitian ini antara lain sebagai berikut :

- Mengkaji data hidrologi dan menganalisis debit banjir yang ada di DAS Garang. Analisis hidrologi diperlukan untuk memperkirakan debit banjir periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun yang nantinya akan digunakan sebagai debit masukan di dalam penelitian penelusuran banjir.
- Mengkaji karakteristik hidrolis Sungai Garang pada kondisi eksisting dan setelah dibangunnya waduk dan saluran pengelak serta meneliti penelusuran banjir. Karakteristik geomorfologi didapat dari survei topografi Sungai Garang. Dari survei topografi, didapat kemiringan dan lebar dasar saluran, kemiringan dan kekasaran alami sungai serta pola meandering sungai. Karakteristik hidrolis sungai dapat dikaji dengan menganalisis pola aliran sungai dengan metode analisis aliran tak tetap yang menggunakan debit banjir rencana sesuai dengan hasil kajian hidrologi. Analisis aliran sungai tidak tetap menggunakan perangkat lunak HEC-RAS. Mengkaji parameter-parameter yang ada di sungai, seperti kemiringan dasar saluran, meandering, dimensi penampang dan panjang sungai serta pengaruh parameter-parameter tersebut terhadap pengendalian banjir. Selanjutnya dengan konsep yang sama mengkaji potensi bangunan penampung air dan pengaruhnya.
- Mempelajari Rencana Tata Ruang Wilayah DAS Garang serta meneliti pengaruhnya terhadap banjir di DAS Garang
- Mengkaji penelusuran banjir dengan beberapa skenario yang akan disusun dan diuraikan di Bab 3. Kajian penelusuran banjir mencakup kajian efektifitas peredaman banjir, efektifitas dari segi ekonomi dan lingkungan dari masing-masing skenario

- Menarik kesimpulan dari penelitian ini serta memberikan saran dan rekomendasi teknis terkait dengan efektifitas geomorfologi sungai dan bangunan penampung banjir sebagai instrument pengendali banjir.

Secara garis besar, penelitian ini mengkaji karakteristik dan efektifitas geomorfologi sungai dan bangunan penampung air. Penelitian ini diharapkan dapat menjelaskan seberapa besar banjir yang dapat dikendalikan dan korelasi antar parameter-parameter yang telah disebutkan di atas. Penelitian dilakukan dengan mensimulasi besaran-besaran tersebut dengan metode penelusuran banjir Muskingum-chunge dan permodelan matematik.

1.5 Hipotesis

Berdasarkan topik penelitian, Peneliti bermaksud menjelaskan bahwa pembuatan tampungan-tampungan air di hulu dapat meredam debit puncak banjir sedangkan normalisasi sungai di hilir dapat meningkatkan kapasitas debit banjir. Sehingga pembuatan tampungan-tampungan air di hulu dan normalisasi sungai di hilir dapat secara efektif mengendalikan banjir di DAS Garang.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

1.1 Pengendalian Banjir

Banjir dengan pola rambatan yang cepat yang biasa disebut dengan banjir bandang atau *flash flood* adalah banjir yang terjadi karena antara lain runtuhnya suatu bendungan, runtuhnya gunung es atau hujan dengan intensitas yang cukup besar terjadi di daerah hulu dan membanjiri daerah hilir dengan lama berlangsung kurang dari 6 jam (Sumber *wikipedia, the free encyclopedia, flash flood*). Dengan memperhatikan karakteristik banjir yang sering terjadi di DAS Garang seperti yang terjadi pada tahun 1990, 1993 dan November 2010, banjir yang terjadi kurang dari 6 jam sehingga dapat disimpulkan bahwa banjir pada DAS Garang adalah *flash flood*.

Pengendalian banjir merupakan upaya manusia dalam mengontrol pola rambatan banjir terhadap satuan waktu sehingga meningkatkan rasa aman pada masyarakat sekitar. Pengendalian banjir dapat dilakukan dengan upaya non-fisik maupun fisik. Upaya non-fisik mencakup penghijauan di hulu sungai, pengelolaan dan penataan lahan serta peningkatan kesadaran masyarakat dalam menjaga lingkungan. Sedangkan upaya fisik dapat berupa normalisasi sungai dan saluran, pembuatan waduk dan embung di daerah hulu sungai, pembuatan kolam penampung di daerah hilir sungai, pembuatan sistem polder atau penggunaan teknologi lainnya. Pada prinsipnya pengendalian banjir adalah proses pemotongan debit puncak banjir dengan memanfaatkan bangunan air yang ada di dalam suatu sistem sungai.

JICA pada tahun 1993 telah melakukan studi pengendalian banjir Kota Semarang dengan judul *Integrated Water Resources and Flood Management Project for Semarang*. Kronologi kegiatan ini antara lain:

- Pembuatan masterplan dan Studi Kelayakan Pengendalian Banjir dan Pengembangan Sumber Daya Air di Kota Semarang. Studi itu antara lain mencakup DAS Blorong, DAS Garang, DAS BKT-Babon dan Drainase-drainase primer seperti Drainase Silandak, Drainase Semarang-Asin, Drainase Banger dan Drainase Tenggang. Studi ini mencakup studi pembuatan waduk di DAS Garang. Waduk yang distudi antara lain :

Tabel 2. 1 Potensi Waduk di Kota Semarang yang distudi oleh JICA

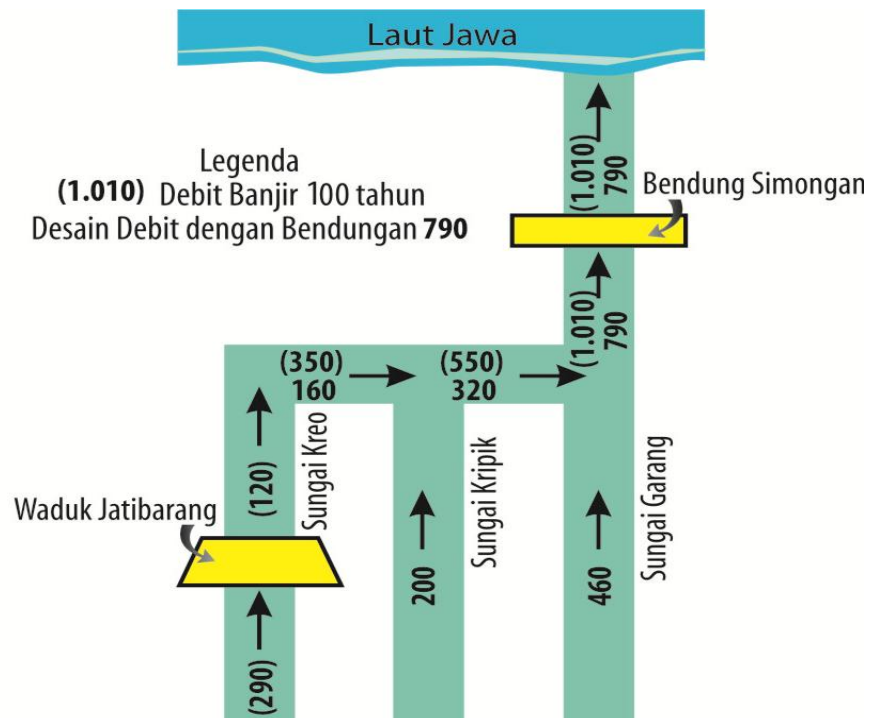
Nama Waduk	Sungai	Tinggi Bendungan(m)	Kapasitas tampungan (juta m³)	Panjang mercu Bendungan(m)
Jatibarang	Kreo	77	24	180
Mundingan	Kreo	50	35	480
Kripik	Kripik	60	48	535
Garang	Garang	75	13	180

Dari potensi-potensi waduk tersebut, hanya 2 (dua) yang layak dibangun di DAS Garang yaitu, Waduk Jatibarang dan Waduk Mundingan. Dari kedua Waduk tersebut Waduk Jatibarang merupakan prioritas pertama dan saat ini sedang dalam tahap pelaksanaan.

Sungai-sungai yang distudi mencakup Sungai Blorong, Sungai Garang-Banjir Kanal Barat dan Sungai Babon-Banjir Kanal Timur. Dari ketiga sungai tersebut, normalisasi Sungai Garang-Banjir Kanal Barat merupakan prioritas.

- Studi JICA dilanjutkan dengan tahap detail desain yang dilakukan pada tahun 1998 hingga 2000. Kegiatan ini terdiri dari tiga komponen yaitu :
 - 1) Komponen A, Normalisasi Sungai Garang/Banjir Kanal Barat
 - 2) Komponen B, Pembangunan Bendungan Jatibarang
 - 3) Komponen C, Perbaikan Drainase Semarang-Asin-Baru

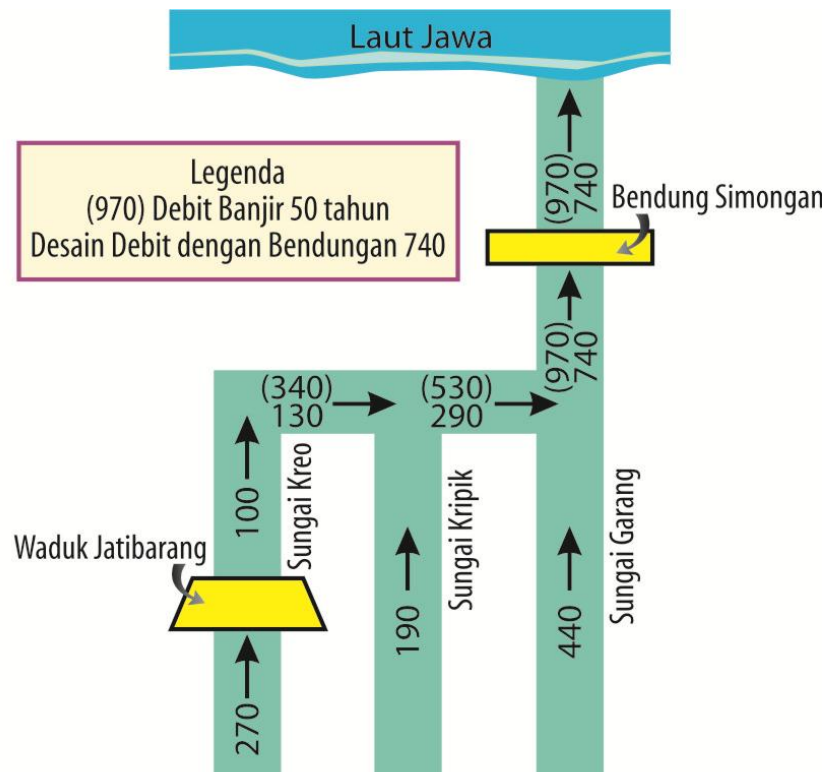
Pengendalian banjir yang didesain adalah periode ulang 100 tahun (Q 100). Dari hasil analisis hidrologi tahap detail desain, Q 100 sebesar 1.010m³/detik. Dengan adanya Waduk Jatibarang debit banjir di Banjir Kanal Barat berkurang menjadi 790 m³/detik.



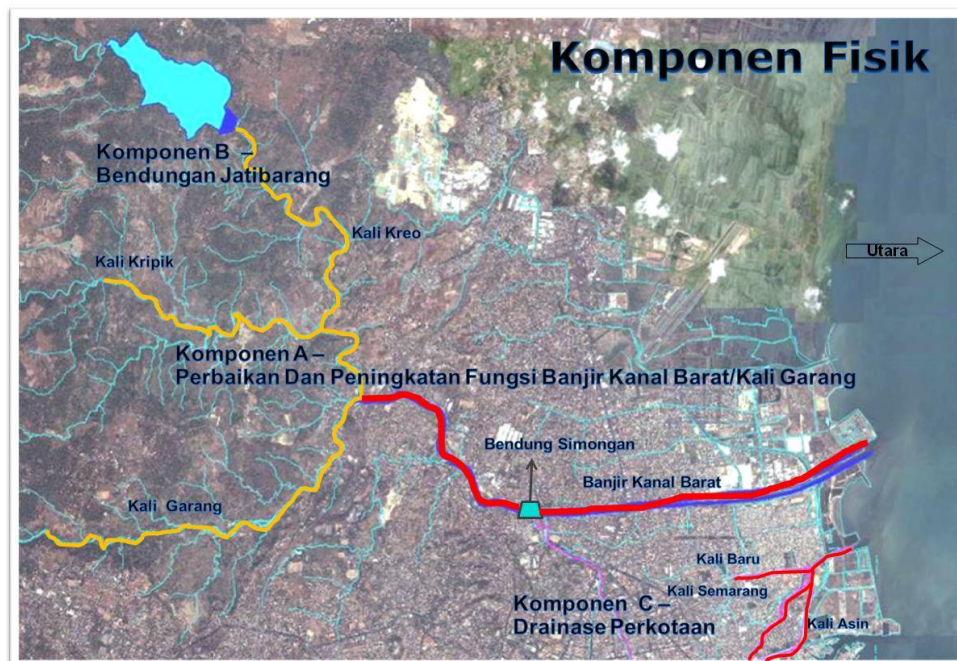
Gambar 2. 1 Skema Pengendalian Banjir Q 100 tahun pada laporan Detail Desain JICA, tahun 2000 (Sumber: *Integrated Water Resources and Flood Management Project for Semarang, Detailed Design*)

- Studi JICA dilanjutkan pada tahun 2005 dengan nama *Special Assistance for Project Formation* (SAPROF). Pada kegiatan ini, periode ulang pengendalian banjir diubah dari periode ulang 100 tahun menjadi 50 tahun.
- Tahap selanjutnya adalah review desain yang dilakukan pada tahun 2008. Hasil analisis yang dilakukan untuk periode ulang 50 tahun adalah sebesar 970 m³/detik. Dengan memperhitungkan keberadaan Waduk Jatibarang, Q 50 tahun menjadi 740 m³/detik.
- Pada tahun 2009, kegiatan fisik yang merupakan implementasi dari Studi dan Perencanaan yang telah dilakukan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan JICA mulai dilaksanakan dan terdiri dari tiga komponen yaitu :
 - 1) Komponen A : Normalisasi Sungai Garang dan Banjir Kanal Barat
 - 2) Komponen B : Pembangunan Bendungan Jatibarang
 - 3) Komponen C : Perbaikan Drainase Kota Semarang

Untuk penelitian ini, kondisi eksiting mengartikan kondisi dimana, kegiatan Komponen A dan Komponen B telah selesai dibangun.



Gambar 2. 2 Skema Pengendalian Banjir Q 50 tahun pada laporan Review Desain JICA, tahun 2008 (Sumber: *Integrated Water Resources and Flood Management Project for Semarang, Review Detailed Design*)



Gambar 2. 3 Pekerjaan fisik yang dilakukan sesuai dengan Studi JICA

2.2 Kajian Hidrologi

2.2.1 Infiltrasi

Menurut referensi dari buku Hirdologi, teori-masalah-penyelesaian, karya Sri Harto BR, hujan yang turun ke bumi berdasarkan proses pengalirannya dibagi menjadi tiga bagian. Sebagian langsung jatuh di sungai atau reservoir, sebagian mengalir di permukaan dan menjadi limpasan permukaan (run-off), dan sisanya mengalir ke bawah tanah. Aliran air dari permukaan, mengalir secara vertikal ke bawah tanah dinamakan infiltrasi. Infiltrasi terjadi pada lapisan tanah. Jika tanah telah dilapisi oleh bahan kedap air, seperti plesteran, beton, aspal atau bahan lainnya, bisa dikatakan seluruh hujan yang turun ke lokasi tersebut menjadi aliran permukaan. Berdasarkan referensi dari buku Hidorlogi untuk Pengaliran, faktor-faktor yang mempengaruhi besar kecilnya infiltrasi antara lain :

- 1) Dalamnya genangan di atas permukaan tanah dan tebal lapisan jenuh
- 2) Kelembaban tanah
- 3) Pemampatan oleh air hujan, manusia dan hewan
- 4) Struktur tanah
- 5) Tumbuh-tumbuhan

Laju infiltrasi dapat dihitung dan dianalisis dengan beberapa metode antara lain:

- a) Metode Horton
- b) Metode Philip
- c) Metode Kostiakov

Dalam penelitian ini, metode yang dipilih adalah Metode Horton, karena proses penyelesaian analisisnya relatif sederhana. Metode Horton adalah metode pengukuran kemampuan tanah atau lahan dalam meresap air terhadap satuan waktu. Berdasarkan teori Horton (Sumber : *Hortonian Overland Flow, Chow et al, 1988*), limpasan permukaan merupakan bagian dari aliran yang tidak

mengalami infiltrasi. (Sumber : Hidrologi, Teori-Masalah-Penyelesaian, Sri Harto BR, 2000).

2.2.2 Analisis Curah Hujan

Menurut referensi dari buku Hirdologi, teori-masalah-penyelesaian, karya Sri Harto BR, data hujan dapat diambil melalui rekaman data dari stasiun curah hujan yang ada di sekitar sungai atau DAS yang sedang dikaji. Data yang diambil disarankan adalah data curah hujan jam-jaman. Namun jika data yang tersedia adalah data curah hujan harian, data tersebut dapat digunakan. Rata-rata aljabar, menghitung jumlah seluruh hujan yang ada pada satu waktu yang ada di masing-masing stasiun kemudian membaginya dengan jumlah stasiun yang ada

- 1) Metode thiessen, menghitung besarnya curah hujan pada stasiun hujan tertentu dengan mengkorelasikan luas daerah yang dipengaruhi oleh stasiun hujan tersebut
- 2) Metode isohyet, menghitung besarnya curah hujan rata-rata dengan mengelompokkan nilai curah hujan yang sama dan membuat garis imajiner berdasarkan pengelompokan tersebut

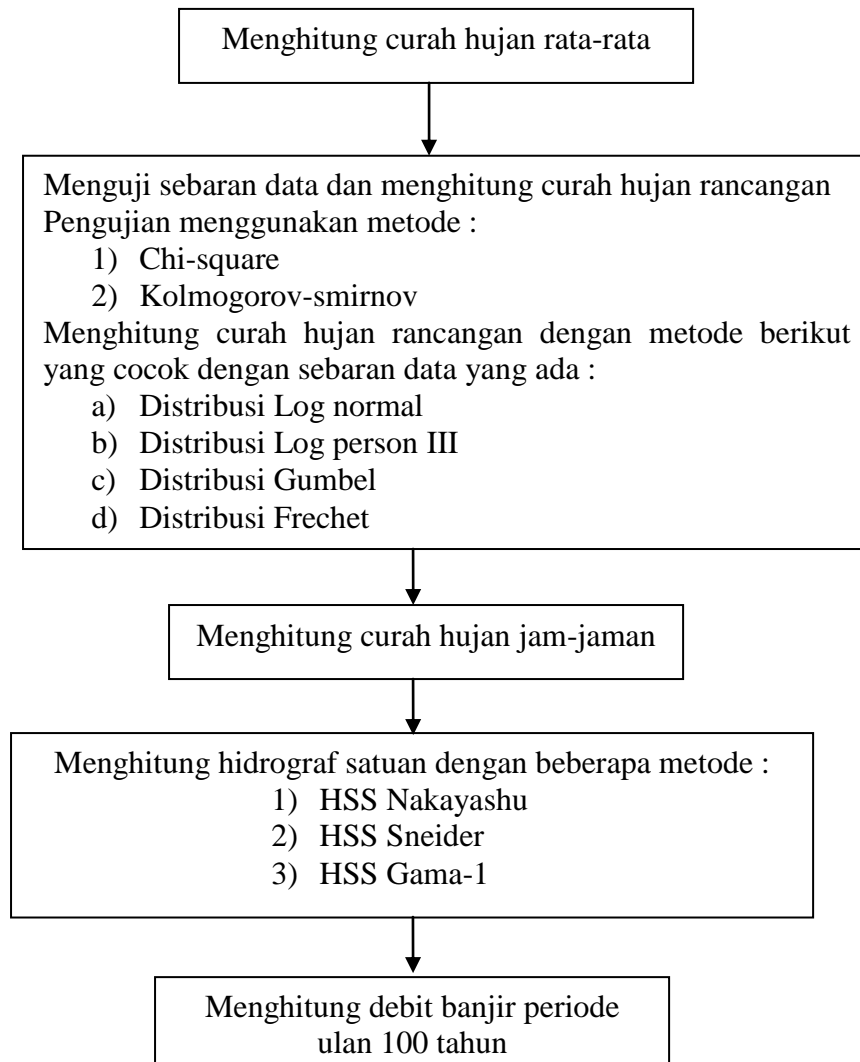
Pada penelitian ini, mempertimbangkan adanya tiga buah stasiun curah hujan yang datanya digunakan untuk keperluan analisis untuk mengetahui seberapa besar pengaruh masing-masing stasiun curah hujan serta pengaruh dari curah hujan yang tidak merata, pada penelitian ini metode yang digunakan untuk menghitung curah hujan rata-rata adalah metode thiessen.

Data hujan perlu diuji konsistensinya dengan metode *Rescaled Adjusted Partial Sum* (RAPS) dengan perhitungan sebagai berikut :

n	=	jumlah data
Skewness	=	kemencengan data
Dy	=	curah hujan
Sk*	=	selisih curah hujan dengan rata-rata
Sk**	=	Sk* / Dy
Q	=	[Sk** maks]
R	=	Sk** maks - Sk** min

2.2.3 Analisis Debit Banjir Rencana

Dalam perhitungan analisis debit banjir ada beberapa tahapan yang harus dilalui, dengan urutan sebagai berikut :



Gambar 2. 4 Bagan alir analisis hidrologi debit banjir rancangan

Analisis perhitungan debit banjir manual menggunakan Metode Gama-I dari Prof. Sri Suharto. Pertimbangan menggunakan metode ini adalah menurut buku Hidrologi,Teori-Masalah-Penyelesaian karangan Sri Suharto. Metode ini cocok digunakan di sungai-sungai yang berada di Pulau Jawa termasuk sungai-sungai di DAS Garang. Debit banjir yang digunakan pada penelitian ini adalah debit banjir periode ulang 100 tahun.

2.3 Hidrolika

Berdasarkan referensi dari buku Hidrolika Saluran Terbuka, karya Ven Te Chow, analisis hidrolika didasarkan pada persamaan energi, energi spesifik dan persamaan momentum, yang diuraikan sebagai berikut :

- Persamaan energi,

$$z_1 + y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + y_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_f$$

- Energi Spesifik

$$E = y + \frac{V^2}{2g}$$

- Persamaan momentum

$$z_1 + y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + y_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_f'$$

Dimana,

z = perbedaan tinggi antara elevasi dasar saluran dengan bidang persamaan (m)

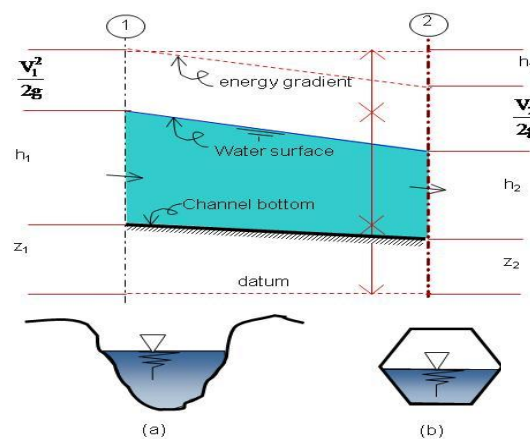
y = kedalaman aliran (m)

V = kecepatan aliran (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

h_f = kehilangan energi, pada persamaan energi h_f menunjuk pada energi dalam yang keluar pada seluruh masa air, sedangkan pada persamaan momentum, h_f' menunjuk pada energi luar akibat gesekan antara air dengan permukaan penampang saluran (sumber, Hidrolika Saluran Terbuka, Ven Te Chow)

E = besarnya energi spesifik (m)



Gambar 2. 5 Diagram persamaan energi

Menurut Ven Te Chow, aliran air pada suatu saluran terbuka berdasarkan jenisnya dibagi menjadi dua macam yaitu :

- 1) Aliran tetap (*steady flow*), yaitu suatu aliran dimana debit yang mengalir pada suatu saluran konstan, sehingga prinsip dasarnya adalah hukum kontinuitas debit

$$Q_1 = Q_2$$

$$A_1 \times v_1 = A_2 \times v_2$$

Dimana,

Q = debit aliran ($m^3/detik$)

A = luas penampang saluran (m^2)

v = kecepatan aliran ($m/detik$)

- 2) Aliran tidak tetap (*unsteady flow*), yaitu aliran dimana debitnya selalu berubah terhadap waktu. Rumus dasar yang digunakan adalah rumus saint-venant.

$$\frac{\partial y}{\partial x} + \frac{\alpha V}{g} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} = S_0 - S_f$$

Dimana,

∂y = perubahan kedalaman aliran air (m)

∂x = perubahan jarak atau perpindahan aliran air (m)

∂V = perubahan kecepatan aliran ($m/detik$)

∂t = perbedaan waktu (detik)

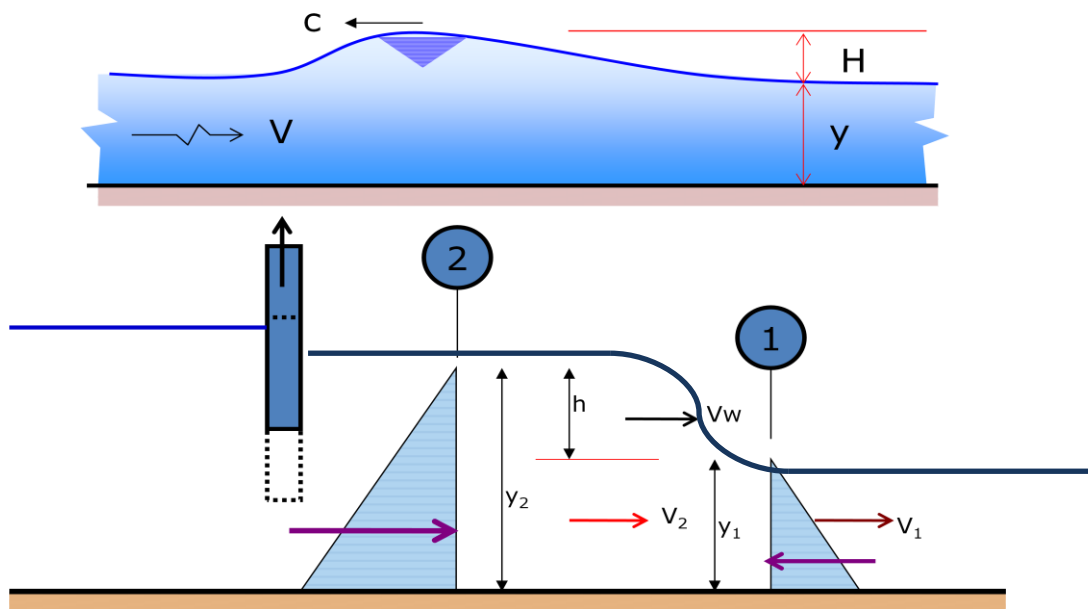
S_0 = kemiringan dasar saluran

S_f = kemiringan garis energi

Kajian hidrolika diperlukan untuk mengenali dan menganalisis karakteristik aliran sungai di Sungai Garang serta karakteristik bangunan penampung air dengan menggunakan prinsip – prinsip hidrolika. Parameter-parameter yang perlu diketahui untuk melaksanakan penelitian pengendalian banjir di DAS Garang antara lain:

- 1) Kemiringan saluran (S_0) dan kekasaran permukaan (n)
- 2) Luas penampang (A), jari-jari hidrolis(R) dan keliling basah (P)
- 3) Debit banjir (Q), kecepatan aliran (v) dan kedalaman muka air (y)

Parameter pada nomor 1) diperoleh dari data survei topografi sungai-sungai yang ada di DAS Garang. Parameter nomor 3) didapat dari analisis hidrolis sungai-sungai di DAS Garang. Parameter nomor 2) didapat dari kombinasi data survei topografi dan analisis hidrolis. Analisis hidrolis menggunakan metode aliran tidak tetap (*unsteady flow*) karena sungai merupakan saluran alam yang memiliki kemiringan dasar, kekasaran permukaan dan penampang melintang yang bervariasi sehingga kedalaman air pada masing-masing ruas selalu berubah-ubah.



Gambar 2. 6 Konsep aliran tidak tetap pada saluran terbuka, sebagaimana digambarkan di atas dimana kedalaman dan kecepatan aliran berubah terhadap waktu

2.4 Penelusuran Banjir

Berdasarkan referensi buku Hidologi Teori dan Permasalahan, Suyono Sosrodarsono, pada waktu debit pada saluran terbuka meningkat, ketinggian permukaannya juga meningkat seiring dengan peningkatan volume air pada saluran terbuka tersebut. Pada saat banjir mereda, suatu volume air yang sama harus dilepaskan dari penampungannya. Akibatnya, dasar waktu suatu gelombang banjir yang bergerak ke bagian hilir saluran menjadi panjang dan puncaknya menjadi turun. Pergerakan gelombang pada saluran alam dalam desain dan prediksinya diselesaikan dengan penelusuran banjir. Penelusuran banjir dapat dimodelkan dan diselesaikan secara matematis dengan persamaan hidrologis dan dengan persamaan hidraulik.

2.4.1 Persamaan Hidrologis (Muskingum-Chunge)

Salah satu cara menganalisis penelusuran banjir adalah dengan menggunakan metode Muskingum, dimana prinsipnya adalah kontinuitas debit masuk dengan debit keluar.

$$I - O = S/t, \text{ menjadi}$$

$$(I_1 + I_2)/2 + (O_1 + O_2)/2 = (S_2 - S_1)/\Delta t,$$

Dimana,

I = debit yang masuk / inflow (m³/detik)

O = debit yang keluar / outflow (m³/detik)

S = volume tampungan (m³)

t = waktu (detik)

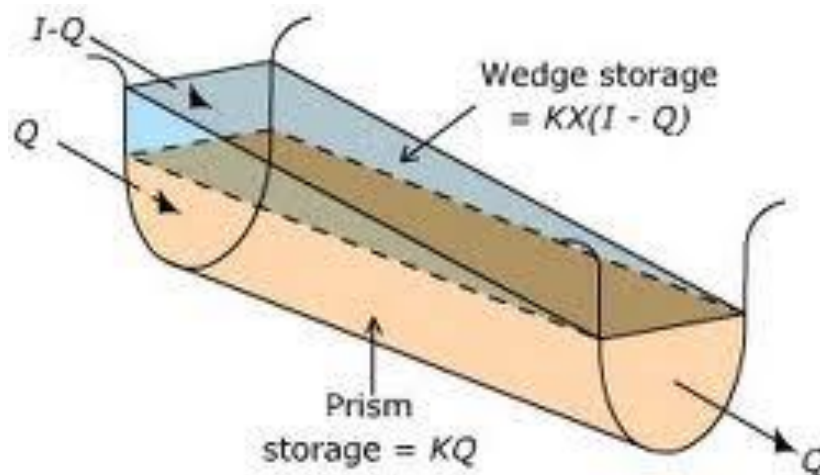
$$S_{\text{total}} = S_{\text{persegi}} + S_{\text{segitiga}}$$

$$S_{\text{persegi}} = K \cdot O$$

$S_{\text{segitiga}} = K \cdot (I - O) \cdot x$, dimana x adalah koefisien pembagi

$$S = K \cdot O + K \cdot (I - O) \cdot x$$

$$S = K(I \cdot x + (I - x) \cdot O)$$



Gambar 2. 7 Konsep Penelusuran Banjir Muskingum-Chunge

2.4.2 Perhitungan Waktu Konsentrasi

Salah satu parameter penting yang dibutuhkan di dalam perhitungan analisis hidrologi dan penelusuran banjir adalah penentuan waktu konsentrasi, yaitu waktu yang dibutuhkan suatu aliran air dari sumber hingga mencapai titik kontrol yang dianalisis. Persamaan yang cukup terkenal untuk menghitung waktu konsentrasi adalah persamaan Kirpich:

$$t_c = 3,97L^{0.77}S^{-0.385}$$

Sedangkan modifikasi dari persamaan tersebut adalah (Pilgrim and Cordery, 1993)

$$t_c = 14,6LA^{-0.1}S^{-0.2}$$

Dimana,

t_c = waktu konsentrasi (menit)

L = panjang sungai (km)

S = kemiringan dasar sungai

(Sumber : Hidrologi, Teori-Permasalahn-Penyelesaian Sri Harto BR, 2000)

2.4.3 Persamaan Hidraulik

Penelusuran secara hidraulik didasarkan pada persamaan energi dan persamaan momentum dapat digunakan sebagai pengganti untuk metode hidrologi (menurut referensi buku Hidrolika Saluran Terbuka, Ven Te Chow). Persamaan ini bersandar pada tiga asumsi :

- 1) Kerapatan airnya konstan
- 2) Panjang sungai yang dipengaruhi oleh gelombang banjir beberapa Sungai lebih besar kedalaman dibandingkan kedalaman airnya
- 3) Alirannya secara hakiki berdimensi satu

Persamaan dasar yang digunakan adalah yang sesuai dengan penelitian Massau, yaitu

Persamaan dinamis

$$\frac{dy}{dx} + \frac{v}{g} \cdot \frac{dv}{dx} + \frac{1}{g} \cdot \frac{dv}{dt} = S_o - S_f$$

Persamaan kontinuitas

$$D \cdot \frac{dv}{dx} + v \cdot \frac{dy}{dx} + \frac{dy}{dt} = 0$$

Perubahan total kedalaman yang disebabkan oleh perubahan jarak dan waktu

$$\frac{dy}{dx} dx + \frac{dy}{dt} dt = dy$$

Perubahan total kecepatan yang disebabkan oleh perubahan jarak dan waktu

$$\frac{dv}{dx} dx + \frac{dv}{dt} dt = dv$$

Dari keempat persamaan di atas, dapat diperoleh persamaan dalam menentukan dy/dx sebagai berikut:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{-D < S_o - S_f > + \frac{D}{g} \cdot \frac{dv}{dt} - \frac{v}{g} \cdot \frac{dy}{dt} + \frac{1}{g} \cdot \frac{dy}{dt} \cdot \frac{dx}{dt}}{\frac{1}{g} \cdot \left(\frac{dx}{dt} \right)^2 - \frac{2v}{g} \cdot \frac{dx}{dt} + \frac{v^2}{g} - D}$$

Dimana,

Q = debit (m³/detik)

A = luas penampang saluran (m²)

v = kecepatan aliran (m/s)

P = panjang penampang basah (m)

D = kedalaman hidrolis (m) = A/P

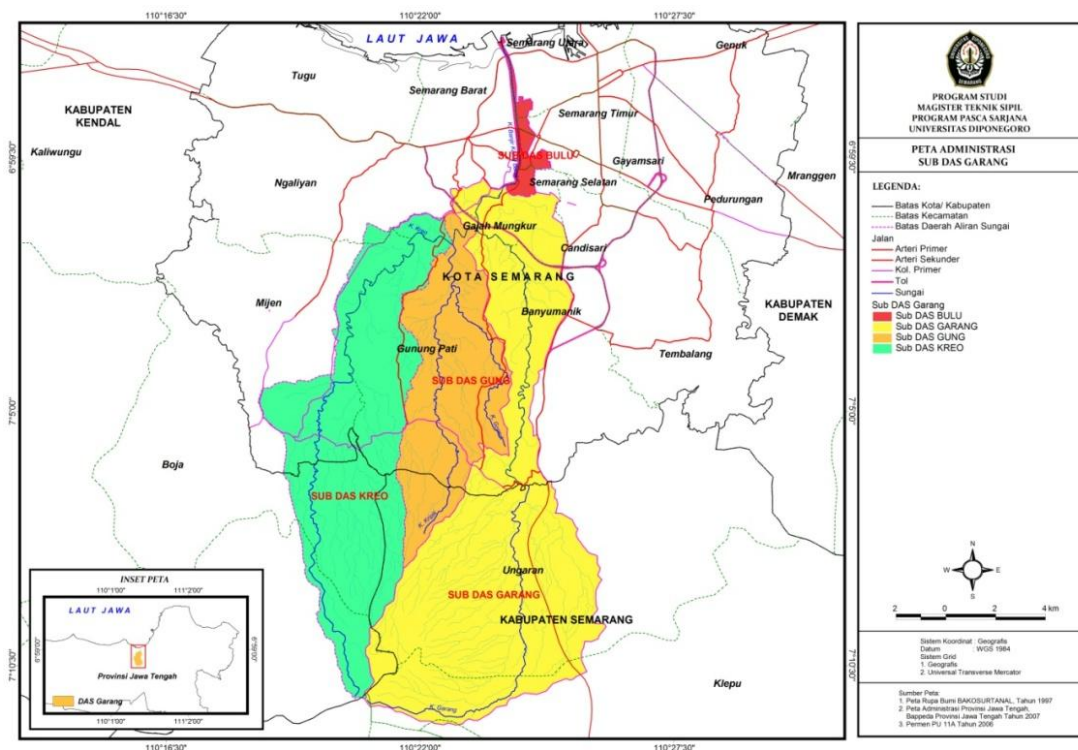
g = percepatan gravitasi (m/s²)

S_o = kemiringan dasar sungai

S_f = garis energi

x = jarak (m)

t = waktu (detik)



Gambar 2. 8 Peta Sub DAS Garang (kuning), Sungai Kreo(hijau) dan Sungai Kripik(oranye) dan Banjir Kanal Barat(merah)

2.5 Permodelan Penelusuran Banjir

Permodelan penelusuran banjir pada penelitian ini menggunakan pendekatan hidrologi dan hidraulika. Pendekatan hidrologi menggunakan formula Muskingum-

Chunge dengan bantuan perangkat lunak HEC-HMS. Sedangkan pendekatan hidraulik menggunakan formula Saint-Venant untuk aliran tidak tetap (unsteady flow) dimana permodelannya menggunakan bantuan perangkat lunak HEC-RAS.

2.5.1 Permodelan HEC-HMS

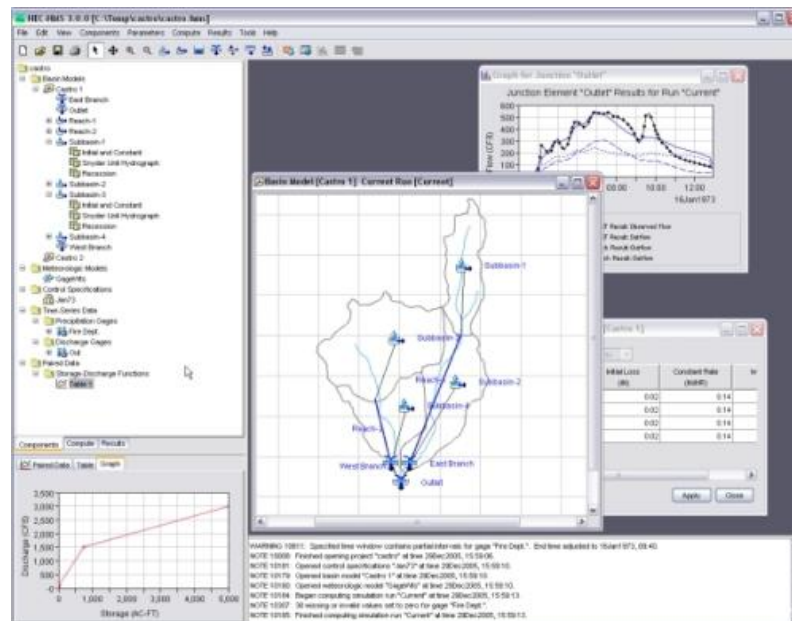
Permodelan HEC-HMS pada penelitian ini digunakan untuk memodelkan penelusuran banjir dengan pendekatan hidrologi yang memakai formula Muskingum-Chunge. Langkah-langkah yang diperlukan dalam memodelkan penelusuran banjir ini sebagai berikut :

Mengumpulkan data masukan, data yang diperlukan dalam memodelkan penelusuran banjir dengan perangkat lunak HEC-HMS antara lain :

- data luas DAS dan luas Sub DAS,
- data geomorfologi sungai seperti panjang, lebar, dan kemiringan sungai
- data hidrologi, seperti intensitas curah hujan, waktu konsentrasi, koefisien infiltrasi dan data-data lainnya

Memproses penelusuran banjir, terdiri dari permodelan DAS dan karakteristiknya serta *running* program HEC-HMS dengan urutan langkahnya sebagai berikut:

- Memodelkan DAS yang akan diteliti karakteristik penelusuran banjirnya dengan cara membuat skema DAS yang terdiri dari sungai utama dan anak-anak sungai utama yang dilengkapi dengan data geomorfologi pada masing-masing sungai kemudian memodelkan luas Sub DAS pada masing-masing anak sungai. Membuat titik-titik kontrol yang diperlukan untuk kajian selanjutnya.
- Memasukkan data hidrologi pada model. Data yang perlu dimasukkan antara lain data intensitas curah hujan, koefisien infiltrasi dan waktu konsentrasi masing-masing sungai
- Menentukan formula yang dipakai pada penelusuran banjir ini yaitu formula Muskingum-Chunge
- Menentukan jangka waktu penelusuran banjir kemudian *me-running* program tersebut



Gambar 2. 9 Contoh permodelan penelusuran banjir dengan menggunakan perangkat lunak HEC-HMS di dalam suatu DAS

Mengelola data keluaran, hasil proses *running* berupa data keluaran penelusuran banjir yang antara lain terdiri dari:

- Grafik hidrograf pada masing-masing titik kontrol yang dilengkapi dengan besarnya debit pada setiap titik di grafik tersebut
- Data debit pada waktu dan tempat tertentu

2.5.2 Permodelan HEC-RAS

Permodelan HEC-RAS pada penelitian ini digunakan untuk memodelkan pengendalian banjir secara hidraulik dengan formula Saint-Venant. Langkah-langkah yang diperlukan dalam memodelkan penelusuran banjir ini sebagai berikut :

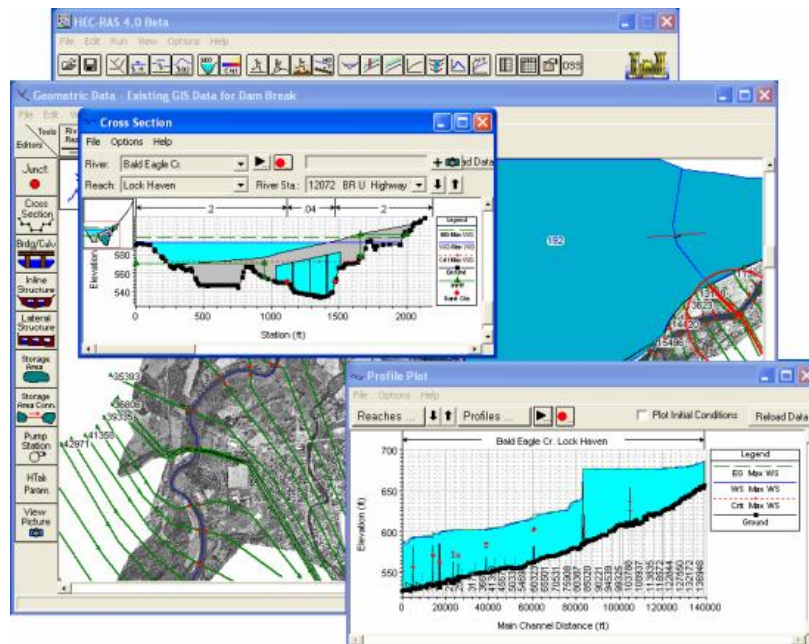
Mengumpulkan data masukan, data yang diperlukan dalam memodelkan penelusuran banjir dengan perangkat lunak HEC-RAS antara lain :

- Data geomorfologi sungai secara detail, lengkap dengan pengukuran memanjang dan melintang sungai, semakin detail data yang dimiliki, semakin baik hasil keluaran program HEC-RAS

- Data debit yang diambil dari hidrograf yang dapat diperoleh dari perhitungan manual atau dari program HEC-HMS

Memproses penelusuran banjir, terdiri dari permodelan DAS dan karakteristiknya serta merunning program HEC-RAS dengan urutan langkahnya sebagai berikut:

- Memodelkan karakteristik geomorfologi sungai tersebut pada program HEC-RAS
- Memasukkan data hidrologi pada model berdasarkan data hidrograf yang diperoleh secara manual atau dari hasil program HEC-HMS
- Memasukkan data pasang surut air laut di bagian muara pada model
- Menentukan jenis aliran tidak tetap pada program HEC-RAS



Gambar 2. 10 Contoh permodelan penelusuran banjir dengan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS di dalam suatu sungai

Mengelola data keluaran, hasil proses running berupa data keluaran penelusuran banjir yang antara lain terdiri dari:

- Grafik hidrograf pada masing-masing titik kontrol yang dilengkapi dengan besarnya debit pada setiap titik di grafik tersebut
- Data debit pada waktu dan tempat tertentu

2.6 Kajian Efektifitas Pengendalian Banjir

Kajian efektifitas pengendalian banjir bertujuan untuk mengetahui penanganan yang paling efektif dalam mengendalikan banjir di DAS Garang. Efektifitas tersebut ditinjau dari seberapa besar pengurangan debit puncak banjir pada titik kontrol yaitu di Tugu Suharto, Bendung Simongan dan Muara Banjir Kanal Barat melalui beberapa skenario yang akan disusun. Di samping itu, efektifitas suatu skenario juga ditinjau dari segi biaya dan dampak lingkungan akibat pelaksanaan skenario tersebut. Dalam penelitian ini tinjauan efektifitas diuraikan sebagaimana tersebut di bawah :

- Tinjauan besarnya peredaman debit banjir masing-masing skenario
- Tinjauan besarnya perkiraan biaya yang harus diinvestasikan untuk pelaksanaan skenario-skenario tersebut
- Tinjauan besarnya dampak sosial dan lingkungan akibat pelaksanaan penanganan berdasarkan masing-masing skenario
- Kajian hubungan antara luas genangan dengan peredaman banjir masing-masing tampungan
- Kajian hubungan antara volume tampungan dengan peredaman banjir pada masing-masing tampungan

Kriteria Efektifitas pada penelitian ini menitikberatkan pada beberapa aspek antara lain sebagai berikut :

- Aspek fungsi, ditinjau dari segi fungsi infrastruktur yang efektif adalah infrastruktur yang dapat meredam debit banjir sebesar mungkin
- Aspek biaya, ditinjau dari segi pembiayaan infrastruktur yang efektif adalah infrastruktur yang dapat meredam debit banjir sebesar mungkin dengan biaya yang sekecil mungkin
- Aspek sosial, suatu infrastruktur dikatakan efektif bila pembangunannya tidak memberikan dampak sosial yang besar dan luas. Aspek sosial yang ditinjau pada penelitian ini adalah pembebasan tanah dan relokasi penduduk, relokasi tower PLN, relokasi utilitas serta perlu tidaknya pembuatan infrastruktur penunjang

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Obyek Penelitian

Obyek penelitian adalah Sungai Garang, bagian dari DAS Garang dimana sebagian besar wilayahnya terletak di Kota Semarang, sebagian kecil di Kabupaten Semarang. Obyek yang diteliti adalah dari pertemuan Sungai Garang dan Sungai Kreo, tepatnya di Tugu Suharto, sekitar 9,2 km ke arah hulu dari muara sungai hingga ke bagian paling hulu Sungai Garang yang terletak di Ungaran Kabupaten Semarang. Pengendalian banjir pada penelitian ini dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a) Melalui penyediaan tampungan air di hulu berupa waduk-waduk dan kolam detensi
- b) Normalisasi Sungai di bagian hilir
- c) Rekomendasi pengaturan tata guna lahan, jika diperlukan

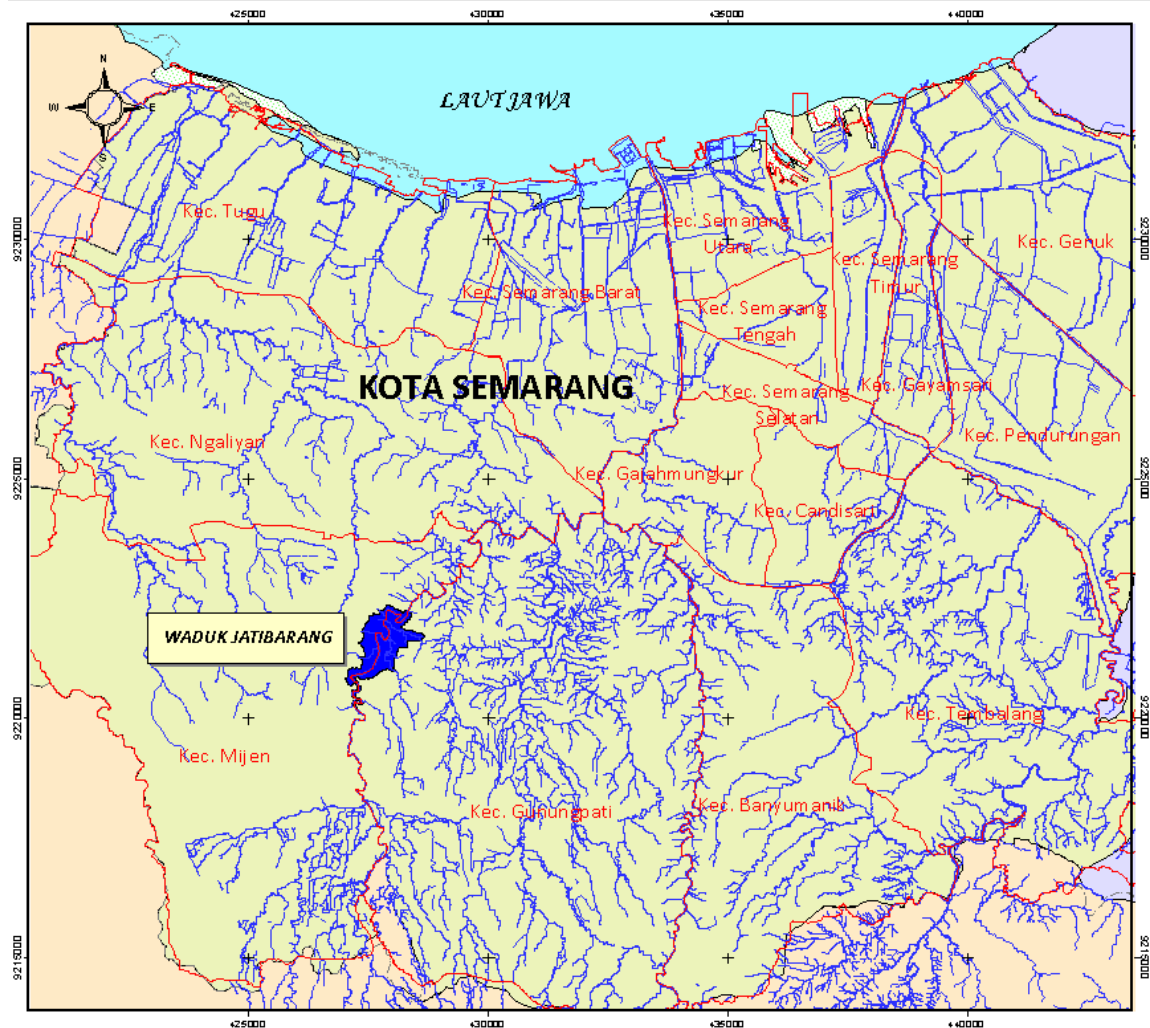
3.2 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Sebelum melakukan simulasi pengendalian banjir dengan menggunakan kondisi eksisting maupun kondisi rencana berdasarkan skenario-skenario yang telah dibuat, peneliti terlebih dahulu melakukan kalibrasi dengan membandingkan data yang ada dengan kejadian aktual di lapangan.

Kemudian Penelitian ini dilakukan dengan mengkaji kapasitas hidrolis kondisi eksisting DAS Garang dan pada kondisi rencana sesuai dengan skenario-skenario yang akan diteliti pada kegiatan ini. Yang dimaksud kondisi eksisting adalah :

- Banjir Kanal Barat dan Sungai Garang dari Tugu Suharto hingga Bendung Simongan telah dinormalisasi melalui kegiatan *Integrated Water Resources and Flood Management Project for Semarang*
- Alur sungai di bagian hulu Tugu Suharto sesuai dengan kondisi eksisting yang telah diukur pada tahun 2010, data berasal dari Balai Besar Wilayah Sungai Pemali-Juana
- Waduk Jatibarang telah selesai dibangun melalui kegiatan *Integrated Water Resources and Flood Management Project for Semarang*
- Tata guna lahan yang digunakan adalah tata guna lahan Kota Semarang pada saat ini dengan menggunakan citra satelit yang dikeluarkan oleh *google earth*

Peneliti akan menghitung kapasitas sungai-sungai di DAS Garang dalam mengalirkan banjir di DAS Garang dan mempertimbangkan keberadaan Waduk Jatibarang sebagai pengendali banjir.



Gambar 3. 1 Kondisi eksisting dimana Banjir Kanal Barat sudah dinormalisasi dan Waduk Jatibarang sudah ada

Kemudian jika kapasitas sungai tidak dapat mengalirkan debit banjir periode ulang 100 tahun, maka perlu dilakukan peredaman debit banjir sehingga debit banjir yang masuk ke Banjir Kanal Barat tidak melebihi kapasitas eksisting. Untuk itu, peneliti membuat rencana pengendalian banjir melalui beberapa skenario. Kondisi rencana yang akan diteliti adalah berdasarkan skenario-skenario sebagai berikut :

- a) Di Sungai Garang dibuat waduk dengan kapasitas antara 2,5 juta m³ hingga 5 juta m³ untuk meredam debit banjir dari Sub DAS Garang hulu. Waduk

tersebut diberi nama Waduk Garang 1,2 dan 3 sesuai dengan urutan lokasi dari hilir ke hulu

- b) Mengganti ketiga waduk di Sungai Garang dengan satu buah waduk yang memiliki kapasitas lebih besar dari ketiga waduk tersebut
- c) Di Sungai Kreo, selain Waduk Jatibarang, dibuat Waduk Mundingan sebagai instrumen tambahan meredam debit banjir di Sub DAS Kreo
- d) Di Sungai Kripik dibuat dua buah waduk dengan kapasitas 3 juta m³ hingga 4 juta m³
- e) Mengganti dua buah waduk di Sungai Kripik menjadi satu buah waduk dengan ukuran yang lebih besar
- f) Normalisasi sungai di bagian hilir DAS Garang, jika diperlukan
- g) Mengkaji pengaruh tata guna lahan pada saat ini dengan tata guna lahan yang sesuai dengan RTRW Kota Semarang yang telah dikeluarkan oleh Pemerintah Kota Semarang

Uraian dari skenario-skenario tersebut adalah sebagai berikut :

Skenario 1 : Debit banjir ditahan hanya dengan menggunakan Waduk Mundingan di Sungai Garang dengan menggunakan Waduk Mundingan di Sungai Garang.

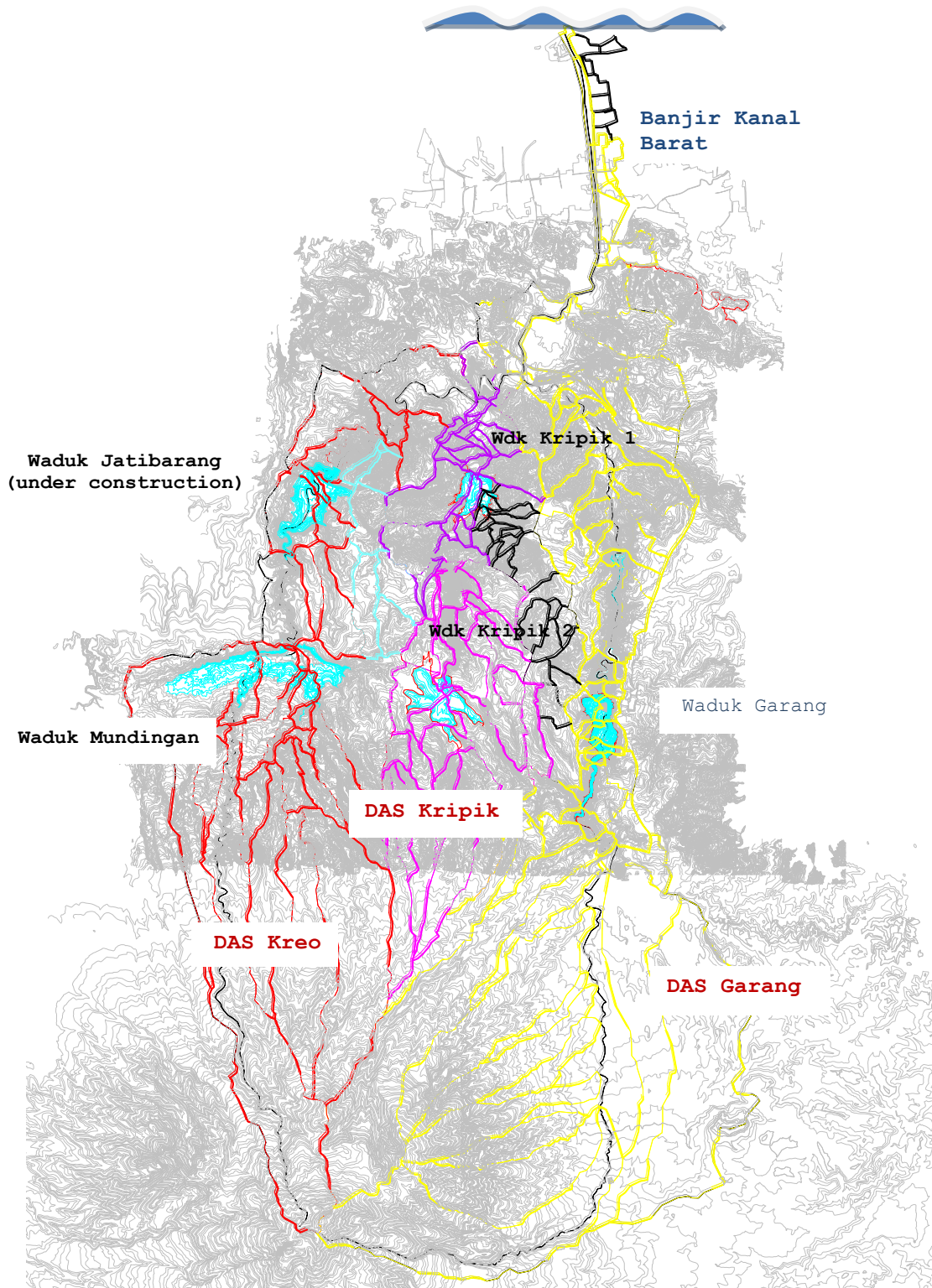
Skenario 2 : Debit banjir ditahan dengan menggunakan satu Waduk Garang di Sungai Garang.

Skenario 3: Pengendalian banjir ditambah dengan menggunakan dua buah Waduk Kripik

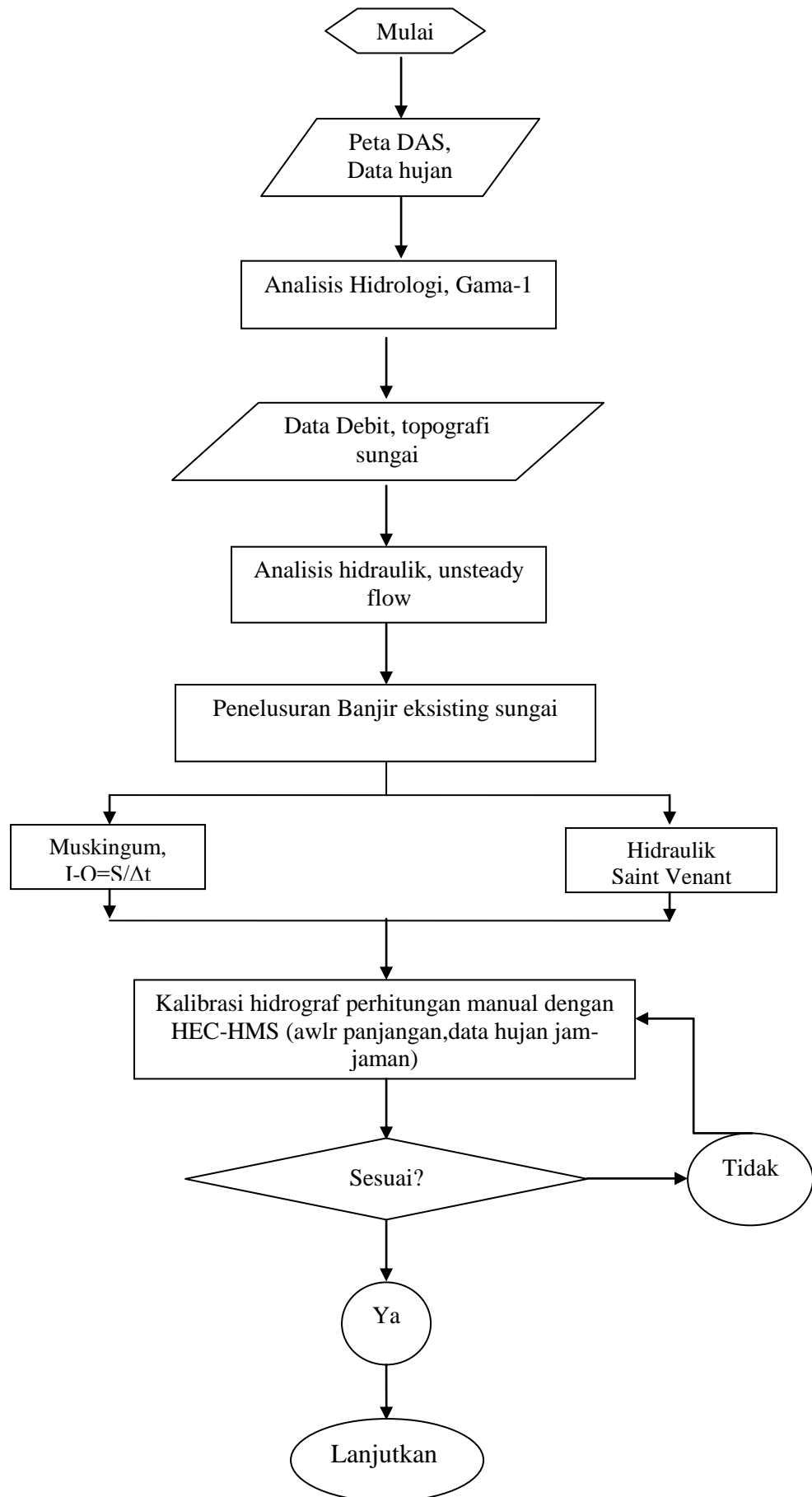
Skenario 4 : Pengendalian debit banjir menggunakan kolam detensi di sisi kiri Panjang, Sungai Garang di sebelah hilir Tugu Suharto

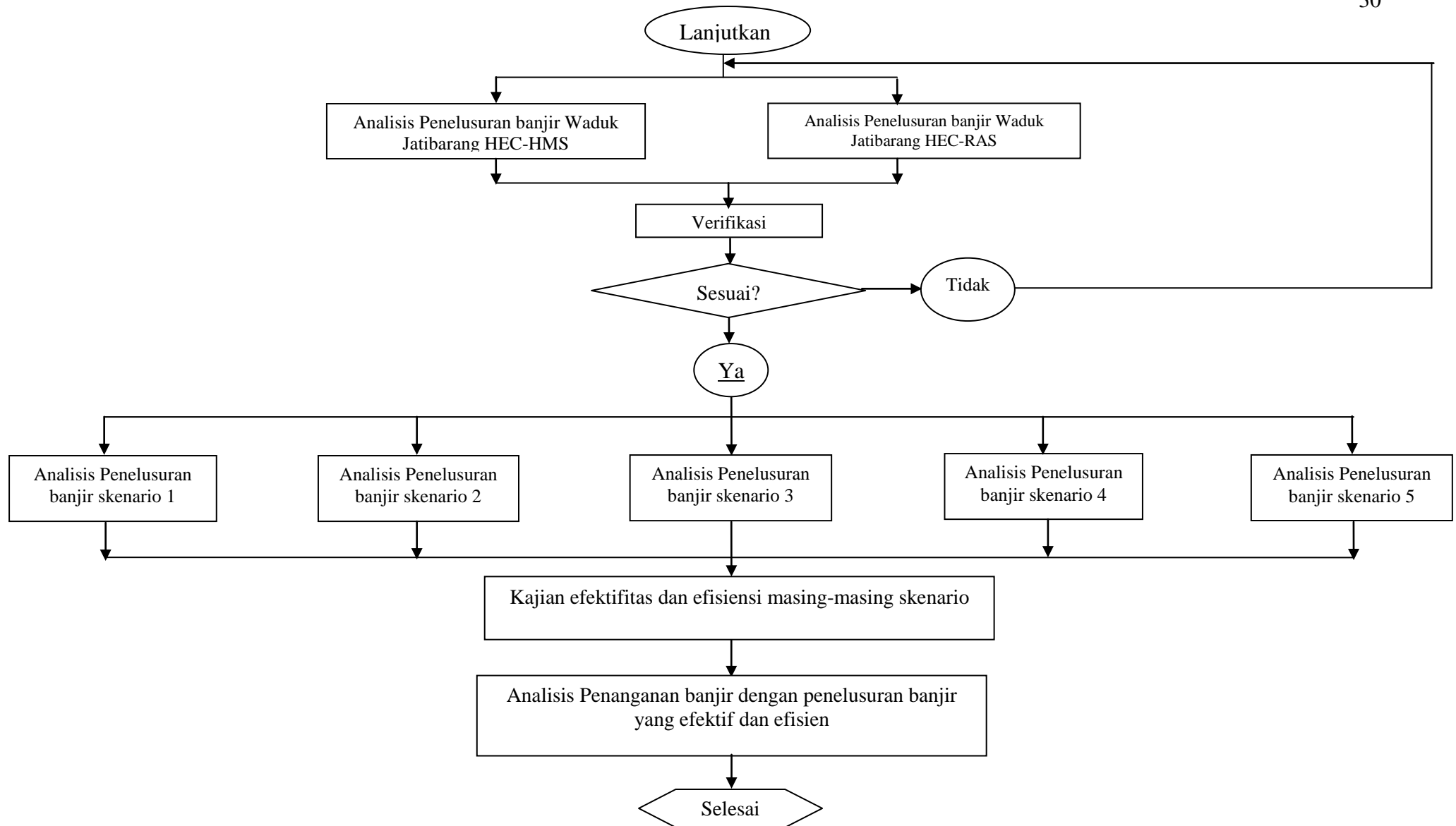
Skenario 5 : Pengendalian Banjir dengan normalisasi sungai melalui pelebaran alur sungai dan peninggian tanggul di Banjir Kanal Barat

Penelusuran banjir pada waduk ditentukan dengan pengoperasian, masing-masing waduk telah dikosongkan sedalam 10 meter dari elevasi waduk tertinggi di masing-masing waduk. Penelusuran banjir dilakukan secara manual dan menggunakan perangkat lunak. Penelitian secara manual melalui tahapan analisis hidrologi, analisis hidraulik dan penelusuran banjir secara terpisah. Sedangkan kajian menggunakan perangkat lunak, analisis dilakukan secara integrasi dengan menggunakan perangkat lunak HEC-HMS.



Gambar 3. 2 Lokasi Sungai dan rencana Waduk yang akan diteliti di DAS Garang





Gambar 3. 3 Flowchart tahapan pelaksanaan penelitian

3.3 Tahapan Pengelolaan Data

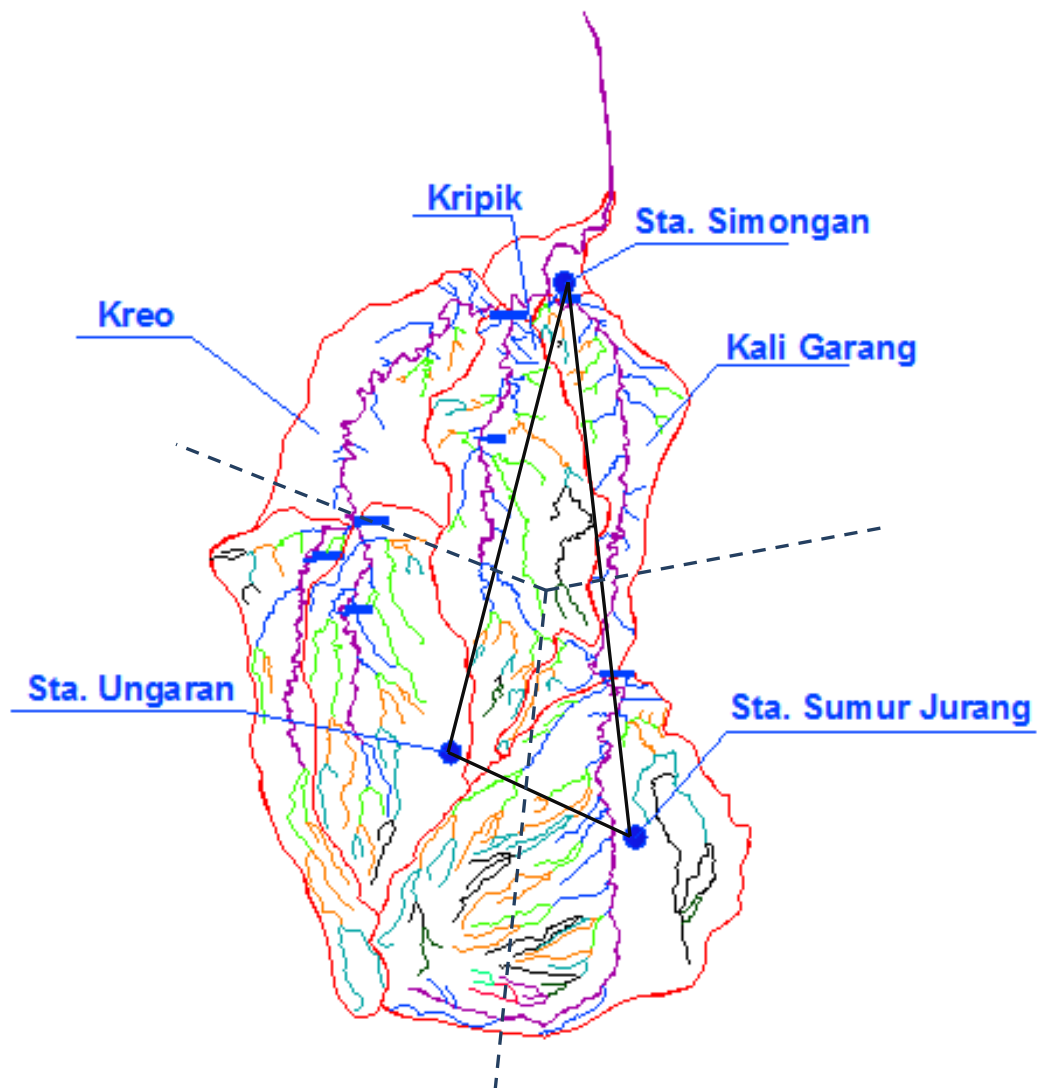
3.3.1 Pengolahan Data Hidrologi

a) Perhitungan curah hujan rata-rata tahunan

Data hujan diambil dari 3(tiga) stasiun curah hujan manual yang berada di sekitar DAS Garang yaitu :

Tabel 3. 1 Stasiun curah hujan di DAS Garang

No.	Nama Stasiun	Lokasi	Bobot (km ²)
1.	Simongan	Banjir Kanal Barat	52,47
2.	Sumur Jurang	Sungai Garang	54,11
3.	Ungaran	Sungai Garang	93,58



Gambar 3. 4 Konfigurasi thiessen di tiga stasiun curah hujan yang ada di DAS Garang

Data hujan yang digunakan pada penelitian ini adalah data curah hujan harian di tiga stasiun dari tahun 2001 hingga tahun 2011

- Analisis Data curah hujan dengan menggunakan rata-rata thiessen

$$H_d = \sum \alpha H_i$$

$$\alpha = L_i/L$$

Dimana,

H_d = Hujan rata-rata DAS, dalam mm

H_i = Hujan masing-masing setahun, dalam mm

α = koefisien thiessen

L_i = luas masing-masing poligon, dalam km²

L = luas DAS, dalam km²

Langkah-langkah perhitungan dengan metode thiessen pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- i. Mendata curah hujan harian pada masing-masing stasiun dari tahun 2001 hingga tahun 2011
 - ii. mencari tanggal terjadinya dan besarnya curah hujan maksimum per tahun pada masing-masing stasiun dari tahun 2001 hingga 2011. Pencatatan pada tanggal terjadi curah hujan maksimum pada setiap stasiun satu stasiun, harus disertai pencatatan curah hujan yang terjadi pada tanggal yang sama di stasiun hujan lainnya, sehingga ada tiga kemungkinan curah hujan maksimum terjadi pada setiap tahun
 - iii. Menghitung curah hujan rata masing-masing tanggal curah hujan maksimum terjadi pada masing-masing stasiun
 - iv. Menentukan curah hujan maksimum dari hasil perhitungan ketiga kemungkinan tersebut kemudian mendata dari tahun 2001 hingga 2011
- Pengujian data menggunakan analisis RAPS, yaitu pengujian kemencengan terhadap distribusi data hujan yang ada dengan menggunakan parameter skewness dan kurtosis

b) Analisis curah hujan rancangan

- Analisis curah hujan rancangan menggunakan metode log normal, normal, gumbel dan log person

Perhitungan distribusi gumbel

$$X = X_{\text{rerata}} + (((YT - Y_n)/S_n)) \times S_d$$

Dimana,

X = curah hujan rancangan, mm

X_{rerata} = curah hujan rata-rata dari data hujan, dalam mm

YT = $-\text{LN}(-\text{LN}((T-1)/T))$

Y_n = dari tabel distribusi gumbel (Lampiran I: Hidrologi)

T = periode curah hujan

S_n = dari tabel distribusi gumbel (Lampiran I: Hidrologi)

S_d = standar deviasi data curah hujan

- pengujian data menggunakan pengujian smirnov-kolmogorof
- merencana curah hujan jam-jaman dengan mengkalibrasi curah hujan rancangan dengan distribusi hujan jam-jaman di stasiun curah hujan otomatis di Bandar Udara Ahmad Yani

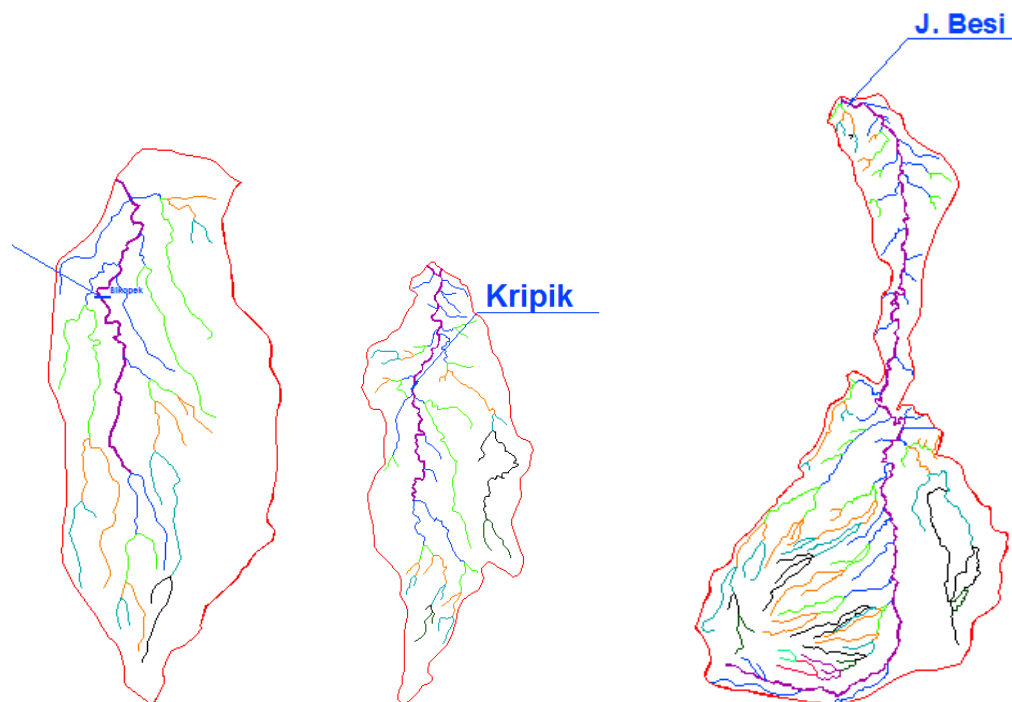
c) menganalisis debit banjir rencana

Analisis debit banjir rencana dengan metode analisis hidrograf gama-1 untuk memperoleh debit banjir rencana periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun. Analisis menggunakan metode gama-1 sebagaimana telah dijelaskan di Bab 2. Debit banjir rencana pada penelitian ini adalah debit banjir rencana periode ulang 100 tahun. langkah-langkahnya sebagai berikut :

input parameter :

- a) menghitung luas SubDAS (A), dengan satuan km²
- b) menghitung luas SubDAS sebelah hulu (A_u), dengan batas area adalah titik berat area SubDAS tersebut, dengan satuan km²
- c) panjang sungai utama (L) pada SubDAS tersebut, dalam km
- d) panjang sungai tingkat satu (L₁), yaitu panjang sungai orde 1, dengan satuan km
- e) panjang sungai semua tingkat (L_n), dengan satuan km

- f) jumlah pertemuan sungai (JN)
- g) Lebar daerah pengaliran sungai $3/4$ dari panjang sungai utama (DPS $3/4 L$), dengan satuan km (W_u)
- h) lebar daerah pengaliran sungai $1/4$ dari panjang sungai utama (DPS $1/4 L$), dengan satuan km (W_L)
- i) jumlah sungai orde tingkat satu (P_1)
- j) jumlah sungai semua tingkat (P_n)
- k) kemiringan sungai (S)



Gambar 3. 5 Skema orde-orde sungai di Sub DAS Garang (kanan), Sub DAS Kreo (kiri) dan Sub DAS Kripik (tengah)

parameter hidrograf :

- a) Faktor sumber : $SF = L_1/L_n$
- b) Frekuensi sumber : $SN = P_1/P_n$
- c) kerapatan jaringan : $D = L_n/A$
- d) Faktor lebar : $WF = W_u/W_L$
- e) Perbandingan hulu-hilir : $RUA = A_u/A$
- f) Faktor Simetri : $SIM = RUA \times WF$

Perhitungan hidrograf :

a) Waktu naik hidrograf (TR), satuan jam

$$TR = 0,43 (L/(100.SF))^3 + 1,0665 SIM + 1,2775$$

b) Debit puncak hidrograf (QP), satuan m³/detik

$$QP = 0,1836 A^{0,5886} . TR - 0,4008 . JN^{0,2381}$$

c) Waktu Dasar (TB), satuan jam

$$TB = 27,4132 TR^{0,1457} . S - 0,0986 . SN^{0,7344} . RUA^{0,2574}$$

d) Koefisien pengaliran (K)

$$K = 0,5617 A^{0,1798} \times S^{-0,1446} \times SF - 1,0897 D^{0,0452}$$

e) Indeks phi (f)

$$f = 10.4903 - 3,859 \times 10^{-8} . A^2 + 1,6985 . 10^{-13} . (A/SN)^4$$

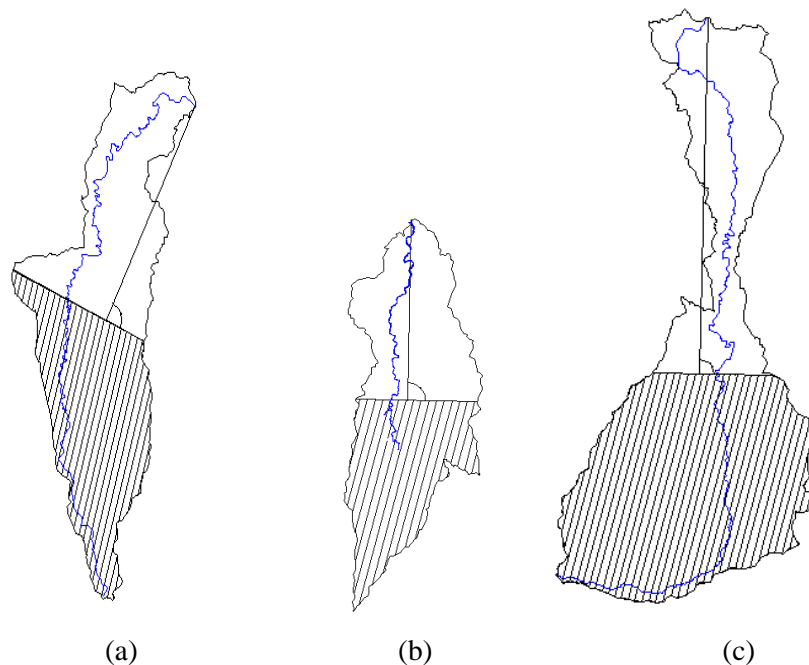
f) Aliran Dasar (QB)

$$QB = 0,4751 A^{0,6444} \times D^{0,9430}$$

g) Debit pada sisi resesi (Qt)

$$Qp \times (t/TR) \quad (\text{persamaan untuk lengkung naik})$$

$$Qp \times e^{(-t/K)} \quad (\text{persamaan untuk lengkung turun})$$



Gambar 3. 6 Perhitungan geometri Sub DAS Garang, Sub DAS Kreo dan Sub DAS Kripik

3.3.2 Pengolahan Data Hidraulik Sungai

a) Data topografi dan geomorfologi ditransformasi menjadi peta rezim Sungai Garang lengkap dengan koordinat dan elevasinya untuk

mengetahui luas penampang basah Sungai Garang, kemiringan dasar sungai serta data-data hidraulik sungai yang diperlukan lainnya.

- b) Analisis pola aliran sungai dengan asumsi aliran tetap dan metode aliran tidak tetap. Analisis pola aliran dengan menggunakan metode aliran tidak tetap menggunakan perangkat lunak HEC-RAS 3.1. Analisis hidraulik harus memperhitungkan aliran balik (back water) akibat air laut di muara dengan menggunakan data elevasi pasang tertinggi harian.
- c) Alur sungai yang dianalisis adalah sebagai berikut :
 - Banjir Kanal Barat dari muara hingga Bendung Simongan sepanjang 5,4 km
 - Sungai Garang dari Bendung Simongan hingga Tugu Suharto, pertemuan antara Sungai Garang hulu dengan Sungai Alang
 - Sungai Garang hulu hingga lokasi waduk rencana yang terdekat
 - Sungai Alang hingga pertemuan antara Sungai Kreo dan Sungai Kripik
 - Sungai Kreo dari pertemuan tersebut di atas hingga Waduk Jatibarang
 - Sungai Kripik dari pertemuan tersebut di atas hingga Waduk Kripik
- d) Analisis hidraulik aliran tidak tetap menggunakan perangkat lunak HEC-RAS 3.1
- e) Dari analisis aliran tidak tetap tersebut, dapat diketahui kapasitas sungai dalam mengalirkan debit banjir. Kelebihan debit banjir rencana dari kapasitas penampang sungai harus diredam melalui waduk-waduk yang direncanakan akan dibangun di bagian hulunya. Peredaman debit banjir diteliti dengan metode penelusuran banjir waduk

3.3.3 Penelusuran Banjir

- Melakukan penelusuran banjir Waduk Jatibarang secara manual dengan metode Muskingum-Chunge. Data inflow waduk menggunakan hidrograf banjir rancangan periode ulang 100 tahun pada Waduk Jatibarang. Pada saat banjir terjadi, elevasi muka air waduk dianggap tepat pada elevasi mercu *service spillway*. Out flow waduk berupa limpasan pada spillway

dimana besar debitnya dapat dihitung dengan menggunakan rumus limpasan USBR, sebagai berikut :

$$Q = C.B.H^{3/2}$$

Dimana,

Q = debit outflow waduk, m³/s

C = koefisien

B = lebar mercu spillway (m)

H = ketinggian limpasan (m)

- Penelusuran banjir dengan menggunakan bantuan perangkat lunak HEC-HMS, dimana kontur dan data Waduk Jatibarang dimasukkan sebagai input analisis perangkat lunak tersebut.
- melakukan verifikasi perhitungan dengan menggunakan perangkat lunak HEC-HMS terhadap perhitungan manual dengan menggunakan metode Muskingum-Chunge. Jika kedua perhitungan tersebut berbeda, maka dilakukan penyesuaian input dan proses pada perhitungan dengan HEC-HMS hingga mendekati hasil perhitungan manual.

3.3.4 Permodelan Penelusuran banjir skenario-skenario yang telah disusun dengan menggunakan perangkat lunak HEC-HMS

- Peta tata guna lahan dibuat dengan bantuan perangkat lunak sistem informasi geografis untuk DAS Garang. Peta tata guna lahan menggunakan dua kondisi, kondisi pertama adalah kondisi eksisting dan kondisi kedua adalah kondisi sesuai dengan RTRW Kota Semarang yang telah disusun oleh Pemerintah Kota Semarang. Dari dua kondisi tersebut, peneliti akan menganalisis perbandingan antara dua kondisi tata guna lahan tersebut dan pengaruhnya terhadap debit banjir di DAS Garang.
- Data hidrologi yang ada dimasukkan ke dalam perangkat lunak tersebut.
- Data waduk-waduk yang ada dan yang akan direncana dimasukkan sesuai dengan skenario 1 hingga skenario 5 sebagaimana telah dijelaskan di dalam sub bab sebelumnya sehingga didapat pengaruh masing-masing waduk dalam meredam debit banjir

- Dari hasil analisis menggunakan perangkat lunak HEC-HMS, peneliti dapat membandingkan hasil analisis secara manual dan menggunakan perangkat lunak HEC-HMS.

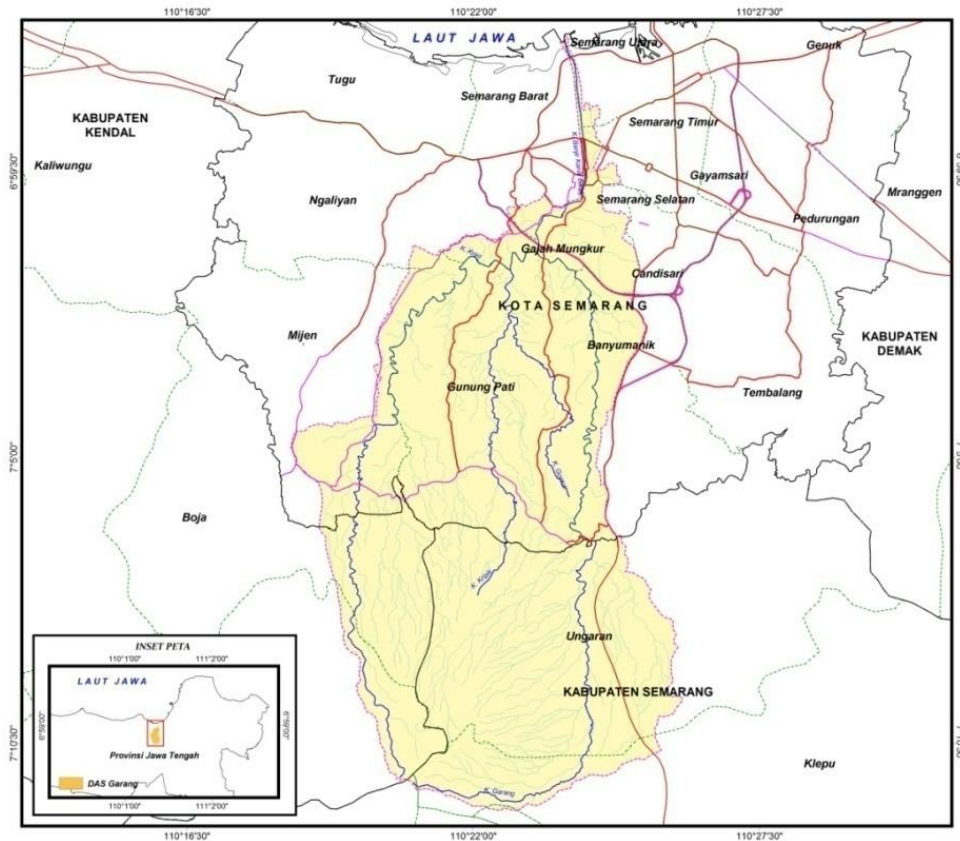
3.4 Metode Pengumpulan Data

Data diperoleh dengan mengkombinasikan data primer dan sekunder. Data sekunder merupakan data teknis yang terkait dengan kegiatan ini yang sudah ada dan didapat dari instansi terkait. Sedangkan data primer yang digunakan di dalam penelitian ini adalah data yang diambil secara langsung di lapangan, khususnya di Sungai Garang.

3.4.1 Data Hidrologi

Data yang digunakan terkait dengan analisis hidrologi antara lain :

- Data DAS Garang, yang diambil dari Kementerian Pekerjaan Umum, BBWS Pemali-Juana sebagai instansi pengelola DAS tersebut. Data yang dibutuhkan antara lain:
 - 1) Luas DAS,
 - 2) Panjang sungai utama,
 - 3) Kemiringan sungai rata-rata
 - 4) Kerapatan jaringan saluran
 - 5) Luas relatif DAS sebelah hulu
- Data curah hujan. Data ini merupakan data sekunder yang diambil dari Badan Meteorologi dan Geofisika Provinsi Jawa Tengah. Data curah hujan diambil dari tiga stasiun yang ada di DAS Garang, yaitu
 - 1) stasiun hujan Simongan,
 - 2) stasiun hujan Sumur Jurang, dan
 - 3) stasiun hujan Ungaran



Gambar 3. 7 Lokasi yang akan dianalisis secara hidrologis

3.4.2 Data Hidrolik Sungai

Data yang diperlukan untuk menunjang analisis hidrolik sungai antara lain, data topografi Sungai Garang yang diperoleh dari survei topografi sehingga kita dapat mengetahui denah situasi Sungai Garang, konfigurasi dasar sungai secara memanjang, dan penampang melintang sungai setiap jarak 50 meter sepanjang kurang lebih 15 km.

Berdasarkan tabel kemiringan pada referensi *Open Channel Hydraulics* (Chow, 1988) tabel kekasaran permukaan sebagai berikut :

Tabel 3. 2 Tabel kekasaran manning

No.	Tipe Saluran	Min	Normal	Maks
1	Saluran dilapis atau dipoles			
	Semen acian	0,010	0,011	0,013
	Semen adukan	0,011	0,013	0,015
	Beton dipoles	0,015	0,017	0,020
	Beton tidak dipoles	0,014	0,017	0,020

	Pasangan batu disemen	0,017	0,025	0,030
	Pasangan batu kosong	0,023	0,033	0,036
2	Saluran alam			
	Saluran alam bersih lurus, terisi penuh	0,025	0,030	0,033
	Saluran alam banyak batu dan tanaman pengganggu	0,030	0,035	0,040
	Saluran alam berkelok-kelok dan bertebing	0,033	0,040	0,045
	Saluran alam berkelok dan berbatu-batu	0,035	0,045	0,050

(diambil dari buku Hidrolika Saluran Terbuka, Ven Te Chow)

Di samping itu, diperlukan data primer yaitu pengukuran debit secara bersamaan di dua tempat yaitu di Jembatan Pramuka (bagian hulu) dan di Jembatan Besi (bagian hilir), dengan jarak kurang lebih 14,5 km. Pengambilan data dengan pengukuran kecepatan aliran menggunakan current meter secara bersamaan di dua lokasi. Pada saat yang sama luas penampang aliran dan waktu juga dicatat. Tabel pengambilan sampel sebagai berikut :

3.4.3 Penelusuran Banjir

Penelusuran banjir dari sungai menggunakan data topografi sungai dan data debit yang ada di dalam penelitian ini. Sedangkan penelusuran banjir pada waduk, peneliti telah menginventarisasi data eksisting waduk dan rencana-rencana waduk yang ada sebagai berikut :

Waduk eksisting :

- Waduk Jatibarang
 - tinggi bendungan : 77 meter
 - volume genangan : 17,7 juta m³
 - luas genangan : 107,51 ha
 - Sub DAS : Kreo

Waduk Rencana :

• Waduk Mundingan

tinggi bendungan	: 35 meter
volume genangan	: 29,17 juta m ³
luas genangan	: 251,15 ha
Sub DAS	: Kreo

• Waduk Garang

tinggi bendungan	: 89 meter
volume genangan	: 28,92 juta m ³
luas genangan	: 88,43 ha
Sub DAS	: Garang

• Waduk Kripik 1

tinggi bendungan	: 25 meter
volume genangan	: 3,24 juta m ³
luas genangan	: 66,55 ha
Sub DAS	: Kripik

• Waduk Kripik 2

tinggi bendungan	: 33 meter
volume genangan	: 4,81 juta m ³
luas genangan	: 117,4 ha
Sub DAS	: Kripik

3.5 Analisis Efektivitas dan efisiensi masing-masing skenario

Berdasarkan hasil permodelan masing-masing skenario, maka peneliti dapat mengetahui hasil dari masing-masing hasil dari masing-masing skenario dan menarik kesimpulan skenario mana yang paling efektif dan efisien, ditinjau dari efektivitas skenario tersebut dalam meredam debit banjir serta efisiensi skenario tersebut bila ditinjau dari sudut pandang ekonomi dan sosial.

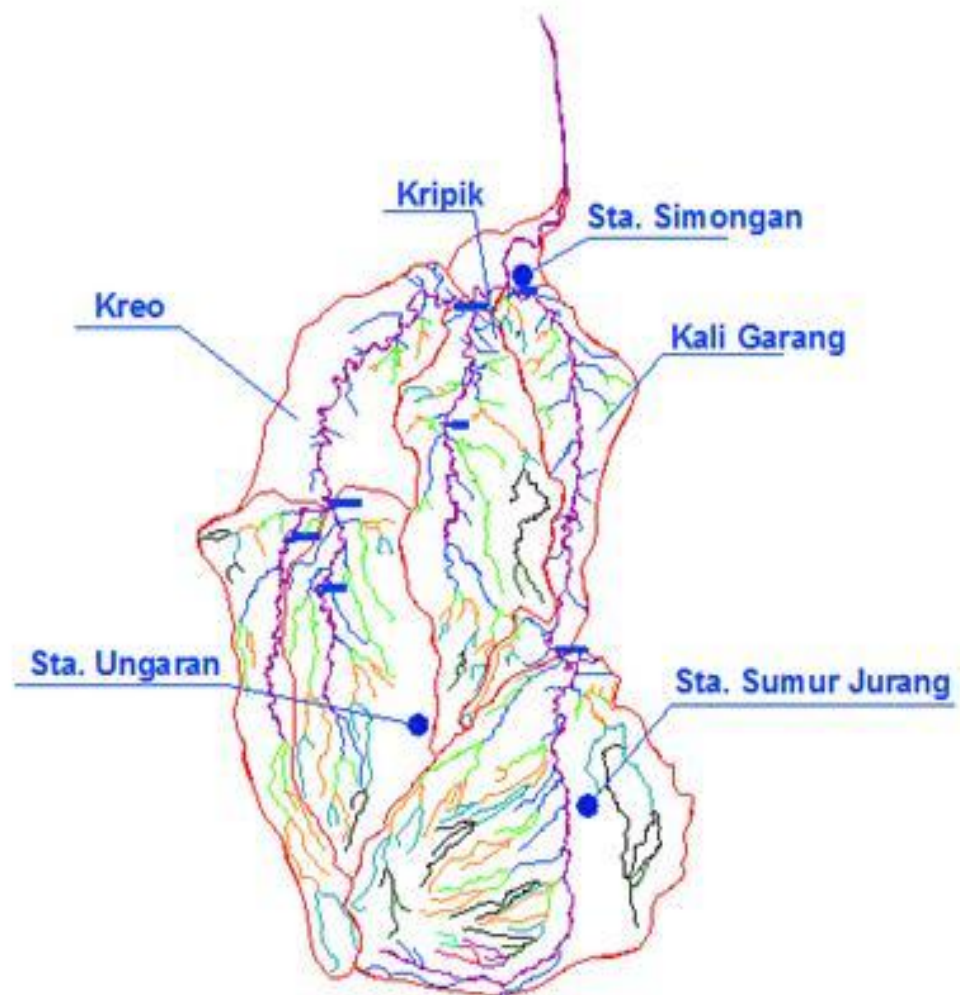
BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Kajian Hidrologi

4.1.1 Analisis Curah Hujan Hujan

Analisis curah hujan di DAS Garang berdasarkan data hujan selama 11 tahun dari tahun 2001 hingga tahun 2011 yang diambil di tiga stasiun yang berada di daerah tangkapan DAS Garang (dengan data terlampir).



Gambar 4. 1 Lokasi ketiga Stasiun Hujan di DAS Garang

Dari data tersebut, curah hujan rata-rata ketiga stasiun dihitung dengan metode thiessen, dengan mencari curah hujan rata-rata maksimum dari ketiga stasiun curah hujan dengan mempertimbangkan pengaruh masing-masing stasiun

sehingga masing-masing stasiun mewakili areal tertentu sebagaimana tersebut di bawah.

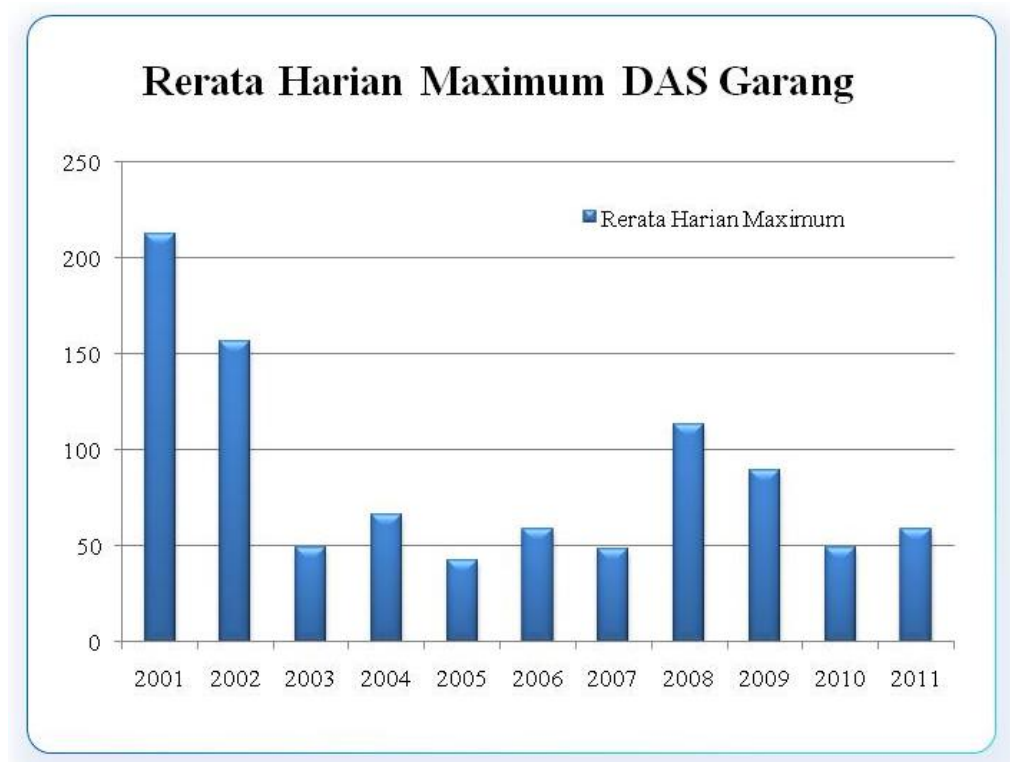
- STA Simongan mewakili bobot sebesar 52,47 km²
- STA Ungaran mewakili bobot sebesar 54.11 km²
- STA Sumur Jurang mewakili bobot sebesar 93.58 km²

Luas total DAS Garang sebesar 200.16 km²

Hasil analisis curah hujan maksimum pada ketiga stasiun pada masing-masing tahun, dari tahun 2001 sampai dengan tahun 2011 serta grafik curah hujan harian maksimum di DAS Garang disajikan pada tabel dan gambar di bawah ini.

Tabel 4. 1 Curah hujan maksimum per tahun di masing-masing stasiun curah hujan

Tahun	Tanggal	Curah hujan maksimum (mm)			Area (m ²)			Curah hujan rata-rata (mm)
		Simongan	Ungaran	Sumur Jurang	Simongan	Ungaran	Sumur Jurang	
2001	12-Apr	88.51	17.00	17.00	52.47	93.58	54.11	35.75
	2-Apr	29.31	425.00	22.00	52.47	93.58	54.11	212.32
	15-Apr	10.78	31.00	110.00	52.47	93.58	54.11	47.06
2002	24-Feb	64.94	61.00	40.00	52.47	93.58	54.11	56.36
	24-Dec	0.76	335.00	0.00	52.47	93.58	54.11	156.82
	23-Jan	5.69	132.00	185.00	52.47	93.58	54.11	113.21
2003	18-Mar	64.59	20.00	70.00	52.47	93.58	54.11	45.21
	18-Feb	1.13	55.00	63.00	52.47	93.58	54.11	43.04
	17-Feb	5.23	45.00	98.00	52.47	93.58	54.11	48.90
2004	17-Feb	142.75	3.00	0.00	52.47	93.58	54.11	38.83
	4-Feb	53.42	112.00	0.00	52.47	93.58	54.11	66.37
	30-Dec	17.23	0.00	50.00	52.47	93.58	54.11	18.03
2005	6-Apr	52.66	0.00	0.00	52.47	93.58	54.11	13.81
	15-Dec	19.40	77.00	5.00	52.47	93.58	54.11	42.44
	22-Dec	40.14	18.00	40.00	52.47	93.58	54.11	29.75
2006	28-Jan	198.00	0.00	0.00	52.47	93.58	54.11	51.91
	25-Dec	8.00	121.00	0.00	52.47	93.58	54.11	58.67
	26-Dec	0.00	2.00	60.00	52.47	93.58	54.11	17.15
2007	4-Dec	162.00	0.00	0.00	52.47	93.58	54.11	42.47
	30-Dec	64.00	68.00	0.00	52.47	93.58	54.11	48.57
	16-Dec	0.00	0.00	22.00	52.47	93.58	54.11	5.95
2008	21-Feb	169.00	27.00	0.00	52.47	93.58	54.11	56.93
	30-Jan	164.00	151.00	0.00	52.47	93.58	54.11	113.59
	15 November	0.00	26.00	165.00	52.47	93.58	54.11	56.76
2009	8-Feb	216.00	71.00	0.00	52.47	93.58	54.11	89.82
	11-Jan	9.00	167.00	0.00	52.47	93.58	54.11	80.43
	16-Dec	59.00	4.00	108.00	52.47	93.58	54.11	46.53
2010	20-Feb	110.00	17.00	0.00	52.47	93.58	54.11	36.78
	11-Jan	0.00	89.00	0.00	52.47	93.58	54.11	41.61
	10-Nov	28.00	0.00	155.00	52.47	93.58	54.11	49.24
2011	18-Nov-11	83.00	14.00	0.00	52.47	93.58	54.11	28.30
	1-Jan-11	5.00	105.00	31.00	52.47	93.58	54.11	58.78
	14-Sep	60.00	9.00	90.00	52.47	93.58	54.11	44.27



Gambar 4. 2 Grafik curah hujan harian maksimum di DAS Garang

Tabel 4. 2 Tabel curah hujan maksimum dengan metode Thiessen

No.	Tahun	X (mm)
1	2001	212.324
2	2002	156.816
3	2003	48.902
4	2004	66.366
5	2005	42.436
6	2006	58.666
7	2007	48.569
8	2008	113.588
9	2009	89.819
10	2010	49.241
11	2011	58.780

(a)

No.	Tahun	X (mm)
1	2005	42.436
2	2007	48.569
3	2003	48.902
4	2010	49.241
5	2006	58.666
6	2011	58.780
7	2004	66.366
8	2009	89.819
9	2008	113.588
10	2002	156.816
11	2001	212.324

(b)

Data tersebut kemudian diuji konsistensinya dengan metode *Rescaled Adjusted Partial Sum* (RAPS) dengan hasil perhitungan sebagai berikut :

Tabel 4. 3 Tabel curah hujan maksimum per tahun dengan metode Thiessen (a) berdasarkan urutan tahun, (b) berdasarkan urutan intensitas hujan

No	Tahun	Hujan	Sk*	[Sk*]	Dy2	Sk**	[Sk**]
1	2001	212.32	126.369	126.369	1451.742	2.434	2.434
2	2002	156.82	70.861	70.861	456.481	1.365	1.365
3	2003	48.90	-37.054	37.054	124.817	-0.714	0.714
4	2004	66.37	-19.589	19.589	34.886	-0.377	0.377
5	2005	42.44	-43.519	43.519	172.175	-0.838	0.838
6	2006	58.67	-27.289	27.289	67.699	-0.526	0.526
7	2007	48.57	-37.386	37.386	127.067	-0.720	0.720
8	2008	113.59	27.633	27.633	69.416	0.532	0.532
9	2009	89.82	3.864	3.864	1.357	0.074	0.074
10	2010	49.24	-36.714	36.714	122.537	-0.707	0.707
11	2011	58.78	-27.175	27.175	67.136	-0.523	0.523
	Rerata Jumlah	85.96		50.828	2695.314		

Keterangan :

n : jumlah tahun : 11
 skewness : 1,6
 Dy : 51,92
 Sk* : selisih curah hujan n dengan curah hujan rata-rata
 Sk** : Sk* / Dy
 Sk** maksimum : 2,43
 Sk** minimum : -0,84
 Q : [Sk** maks] : 2,43
 R : Sk** maks - Sk** min : 3,27
 $Q/n^{0.5}$: $0,73 < 1,16$
 $R/n^{0.5}$: $0,99 < 1,33$

(Probabilitas 90%,tabel *Rescaled Adjusted Partial Sum* (RAPS), terlampir)

4.1.2 Analisis Distribusi Curah Hujan Periode 100 tahun

Sesuai dengan penjelasan di Bab 2, tentang Kajian Teori, perhitungan distribusi curah hujan periode ulang dihitung dengan empat metode, yaitu metode Gumble

tipe I, Log Normal, Log Person dan Frechet (Gumble tipe II), kemudian masing-masing distribusi tersebut diuji datanya dengan metode uji smirnov-kolmogorof. Perhitungan distribusi ini berguna untuk menentukan intensitas hujan rencana periode ulang 100 tahun. Hasil kajian dari masing-masing metode tersebut harus diuji terlebih dahulu sebelum digunakan. Pada penelitian ini, uji yang digunakana adalah uji Smirnov-Kolmogorov

Tabel 4. 4 Analisis frekuensi curah hujan Gumbel Tipe I

No.	Tahun	X _{terurut}	(X _i - X _{rerata})	(X _i - X _{rerata}) ²	(X _i - X _{rerata}) ³	(X _i - X _{rerata}) ⁴
1	2005	42.436	-43.519	1893.929	-82422.425	3586965.351
2	2007	48.569	-37.386	1397.742	-52256.513	1953682.140
3	2003	48.902	-37.054	1372.987	-50874.455	1885094.089
4	2010	49.241	-36.714	1347.909	-49486.984	1816859.364
5	2006	58.666	-27.289	744.684	-20321.622	554554.843
6	2011	58.780	-27.175	738.501	-20069.058	545384.310
7	2004	66.366	-19.589	383.744	-7517.310	147259.482
8	2009	89.819	3.864	14.930	57.689	222.905
9	2008	113.588	27.633	763.578	21099.897	583051.756
10	2002	156.816	70.861	5021.291	355814.092	25213367.841
11	2001	212.324	126.369	15969.161	2018009.265	255014108.301
Jumlah :		945.509	0.000	29648.458	2112032.576	291300550.382

Metode Gumbel Tipe I

Perhitungan :

n : 11

Xrata-rata : 85,96

Sd (Standar deviasi) : 54,45\

Sn : 0,97

Yn : 0,50

(Tabel Hubungan Reduksi Jumlah Data (n), Data Rata-rata (Yn) dan Deviasi Standar (Sn), terlampir)

X : Xrerata + (K x Sd) : Xrerata + (((YT - Yn)/Sn)) x Sd)

Tabel 4. 5 Analisis frekuensi curah hujan berdasarkan Gumbel Tipe I

T	Y_T	Sd	Y_n	S_n	K	X (mm)
2	0.3665	54.4504	0.4996	0.9676	-0.1375	78.4661
5	1.4999	54.4504	0.4996	0.9676	1.0338	142.2481
10	2.2504	54.4504	0.4996	0.9676	1.8094	184.4774
20	2.9702	54.4504	0.4996	0.9676	2.5533	224.9848
25	3.1985	54.4504	0.4996	0.9676	2.7893	237.8343
50	3.9019	54.4504	0.4996	0.9676	3.5163	277.4174
100	4.6001	54.4504	0.4996	0.9676	4.2379	316.7083

Sumber : Hasil Perhitungan

Metode Log Normal 2 Parameter

Perhitungan :

n : 11

Rerata Log X : 1,87

Sd (Standar deviasi) : 0,23

CV : $\frac{\text{Rerata Log X}}{\text{Sd}}$: 0,97

Skewness (CS) : 0,99

Curtosis (CK) : -0,18

(Tabel Hubungan Reduksi Jumlah Data (n), Data Rata-rata (Y_n) dan Deviasi Standar (S_n), terlampir)**Metode Log Person Tipe III****Tabel 4. 6** Perhitungan Analisis frekuensi curah hujan berdasarkan Distribusi Log-Normal Dua Parameter dan hasil interpolasi CV

T	P	K	Log X=Rerata Log X + K*Sd	X (mm)
2	0.5000	-0.0612	1.8573	71.9985
5	0.2000	0.8169	2.0605	114.9519
10	0.1000	1.3131	2.1753	149.7412
20	0.0500	1.7429	2.2748	188.2665
25	0.0400	1.8274	2.2943	196.9440
50	0.0200	2.2503	2.3922	246.7130
100	0.0100	2.5924	2.4713	296.0320

Sumber : Hasil Perhitungan

CV	Tr (Tahun)							
	2	5	10	20	25	50	75	100
0.1236	-0.0612	0.8169	1.3131	1.7429	1.8274	2.2503	2.4213	2.5924
0.0500	-0.0250	0.8334	1.2965	1.6863	1.7609	2.1341	2.2956	2.4570
0.1000	-0.0496	0.8222	1.3078	1.7247	1.8061	2.2130	2.3810	2.5489

Nilai K diambil dari interpolasi Tabel Nilai Faktor Frekuensi (k) Sebagai Fungsi Dari Nilai CV (tabel terlampir) dengan perhitungan interpolasi sebagai berikut :

Tabel 4. 7 Curah hujan rancangan berdasarkan Distribusi Log Pearson Tipe III dan Hasil interpolasi nilai Cs

T	P(%)	Cs	G	Log X	X (mm)
2	50	0.9899	-0.1614	1.8341	68.2571
5	20	0.9899	0.7688	2.0494	112.0435
10	10	0.9899	1.3475	2.1833	152.5072
20	5	0.9899	1.9346	2.3192	208.5220
25	4	0.9899	2.0521	2.3463	221.9853
50	2	0.9899	2.5462	2.4607	288.8359
100	1	0.9899	3.0240	2.5712	372.5883

Sumber : Hasil Perhitungan

Nilai Cs	Waktu Balik (Tahun)														
	1.01	1.05	1.11	1.25	1.667	2	2.5	5	10	20	25	50	100	200	1000
0.9899	Peluang (%)														
	99	95	90	80	60	50	40	20	10	5	4	2	1	0.5	0.1
0.5	-1.955	-1.491	-1.216	-0.856	-0.3407	-0.083	0.2140	0.808	1.323	1.8122	1.910	2.311	2.686	3.041	3.815
0.6	-1.880	-1.458	-1.200	-0.857	-0.3517	-0.099	0.2007	0.800	1.328	1.8372	1.939	2.359	2.755	3.132	3.960

Metode Frechet (Gumble Tipe II)

Tabel 4. 8 Nilai Ekstrim Distribusi Frechet

T	$a = 1.282/S \cdot \text{Log} X$	$X_0 = \text{Rerata Log} X - (0.445 \cdot S \cdot \text{Log} X)$	Y	Log X	X (mm)
2	5.5404	1.7685	0.3660	1.8346	68.3255
5	5.5404	1.7685	1.5100	2.0411	109.9173
10	5.5404	1.7685	2.2500	2.1746	149.4962
20	5.5404	1.7685	2.9700	2.3046	201.6437
25	5.5404	1.7685	3.1250	2.3326	215.0607
50	5.5404	1.7685	3.9000	2.4724	296.7855
100	5.5404	1.7685	4.6000	2.5988	396.9971

Sumber : Hasil Perhitungan

Nilai Y diambil dari Tabel Frechet, sebagaimana terlampir.

Uji Smirnov-Kologorof

Uji distribusi dilakukan dengan menggunakan uji Smirnov-Kolmogorof dengan uraian sebagai berikut :

Tabel 4. 9 Uji Smirnov-Kolmogorof untuk Distribusi Gumbel

No.	Tahun	X	m	S _n (X)	Y _T	Tr	Pr	Px (X)	D
									$ P_X(X) - S_n(X) $
1	2005	42.44	1	0.0833	-0.2738	1.3671	0.7315	0.2685	0.1852
2	2007	48.57	2	0.1667	-0.1648	1.4441	0.6925	0.3075	0.1409
3	2003	48.90	3	0.2500	-0.1589	1.4486	0.6903	0.3097	0.0597
4	2010	49.24	4	0.3333	-0.1528	1.4533	0.6881	0.3119	0.0214
5	2006	58.67	5	0.4167	0.0147	1.5956	0.6267	0.3733	0.0434
6	2011	58.78	6	0.5000	0.0167	1.5975	0.6260	0.3740	0.1260
7	2004	66.37	7	0.5833	0.1515	1.7343	0.5766	0.4234	0.1599
8	2009	89.82	8	0.6667	0.5683	2.3122	0.4325	0.5675	0.0992
9	2008	113.59	9	0.7500	0.9906	3.2238	0.3102	0.6898	0.0602
10	2002	156.82	10	0.8333	1.7588	6.3199	0.1582	0.8418	0.0084
11	2001	212.32	11	0.9167	2.7452	16.0734	0.0622	0.9378	0.0211
Sumber : Hasil Perhitungan								D Maks.	0.1852

Rerata X = 85,96

Standar Deviasi (Sd) = 54,45

D Maks. = 0,1852

N = 11

Derajat kepercayaan = 5 %

D kritis = 0,3910

Ternyata D Maks < D Kritis ----> **Distribusi Frekuensi Diterima**

Tabel 4. 10 Uji Smirnov-Kolmogorof untuk Distribusi Log Normal

No	X	Log X	Cv	m	S _n (X)	Pr	Px (X)	D
								I P _X (X) - S _n (X)
1	42.436	1.628	-1.053	1.000	0.083	-0.010	1.010	0.9262
2	48.569	1.686	-0.800	2.000	0.167	-0.009	1.009	0.8421
3	48.902	1.689	-0.787	3.000	0.250	-0.009	1.009	0.7588
4	49.241	1.692	-0.774	4.000	0.333	-0.009	1.009	0.6754
5	58.666	1.768	-0.446	5.000	0.417	-0.008	1.008	0.5911
6	58.780	1.769	-0.442	6.000	0.500	-0.008	1.008	0.5078
7	66.366	1.822	-0.214	7.000	0.583	-0.007	1.007	0.4238
8	89.819	1.953	0.354	8.000	0.667	-0.005	1.005	0.3388
9	113.588	2.055	0.795	9.000	0.750	-0.004	1.004	0.2541
10	156.816	2.195	1.400	10.000	0.833	0.005	0.995	0.1621
11	212.324	2.327	1.969	11.000	0.917	0.010	0.990	0.0737
Sumber : Hasil Perhitungan							D Maks.	0.9262

Rerata LogX = 1,87

Standar Deviasi (Sd) = 0,23

D Maks. = 0,93

N = 11

Derajat kepercayaan = 5 %

Rerata X	= 1,87
Standar Deviasi (Sd)	= 0,23
D Maks.	= 0,48
N	= 11
Derajat kepercayaan	= 5 %
D kritis	= 0,3910

Ternyata $D \text{ Maks} > D \text{ Kritis}$ ----> **Distribusi Frekuensi Ditolak**

Berdasarkan uji Smirnov-Kolmogorov, hasilnya masing-masing direkap tersebut di bawah, sehingga disimpulkan bahwa distribusi curah hujan yang digunakan adalah Metode Gumbel.

Tabel 4. 13 Rekap Uji Smirnov-Kolmogorof

No.	Metode Distribusi	Nilai X2hitung	Nilai X2Kritis	Keterangan
1	Distribusi Gumbel Tipe I	0.1852	0.3910	Memenuhi
2	Distribusi Log Normal 2 Parameter	0.9262	0.3910	Tidak Memenuhi
3	Distribusi Log Pearson Tipe III	0.9028	0.3910	Tidak Memenuhi
4	Distribusi Frechet	0.4778	0.3910	Tidak Memenuhi

Sumber : Hasil Perhitungan

4.1.3 Analisis Pengaruh Tata Guna Lahan

Tata guna lahan pada DAS Garang memberi pengaruh pada debit banjir yang terjadi di sungai karena, sebagian air hujan yang turun sebagian menjadi aliran permukaan, sebagian lagi meresap dan terinfiltrasi ke dalam tanah. Tutupan lahan yang berupa ruang terbuka hijau menyumbang infiltrasi yang cukup besar.

Tabel 4. 14 Koefisien C Tata Guna Lahan di DAS Garang

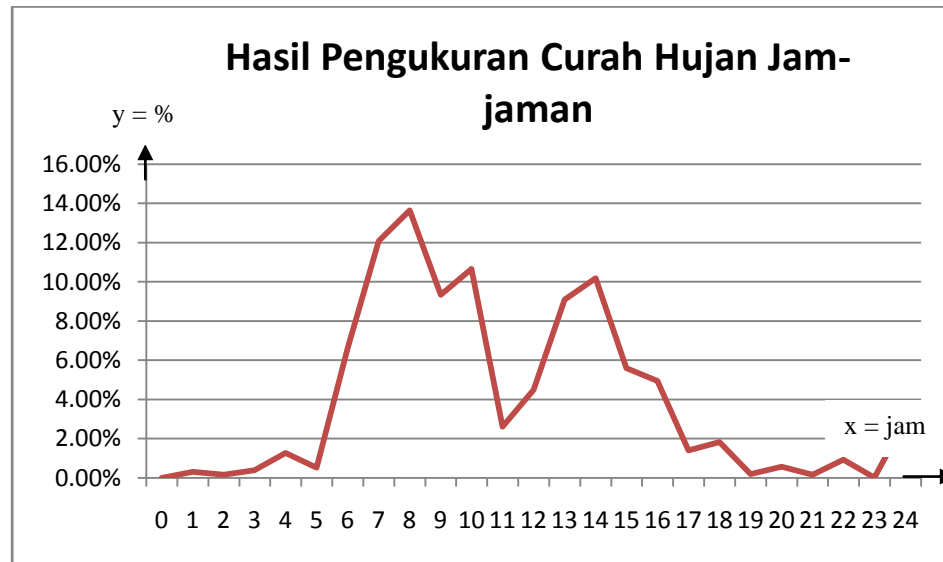
Kondisi DAS	C	Prosentase Lahan	Nilai C	C.(%lahan)
Pegunungan	0.75 - 0.90	14	0.75	0.105
Pegunungan tersier	0.70 - 0.80	12	0.70	0.084
Tanah ber-relief berat dan berhutan kayu	0.50 - 0.75	18	0.52	0.094
Dataran pertanian	0.45 - 0.60	9	0.48	0.043
Dataran sawah irigasi	0.70 - 0.80	6	0.76	0.046
Sungai di pegunungan	0.75 - 0.85	3	0.75	0.023
Sungai di dataran rendah	0.45 - 0.75	30	0.45	0.135
Sungai besar yang sebagian alirannya berada d	0.50 - 0.75	8	0.50	0.040
		100	Rerata	0.569

4.1.4 Perhitungan Distribusi Hujan Jam-jaman Berdasarkan Hasil Pengukuran

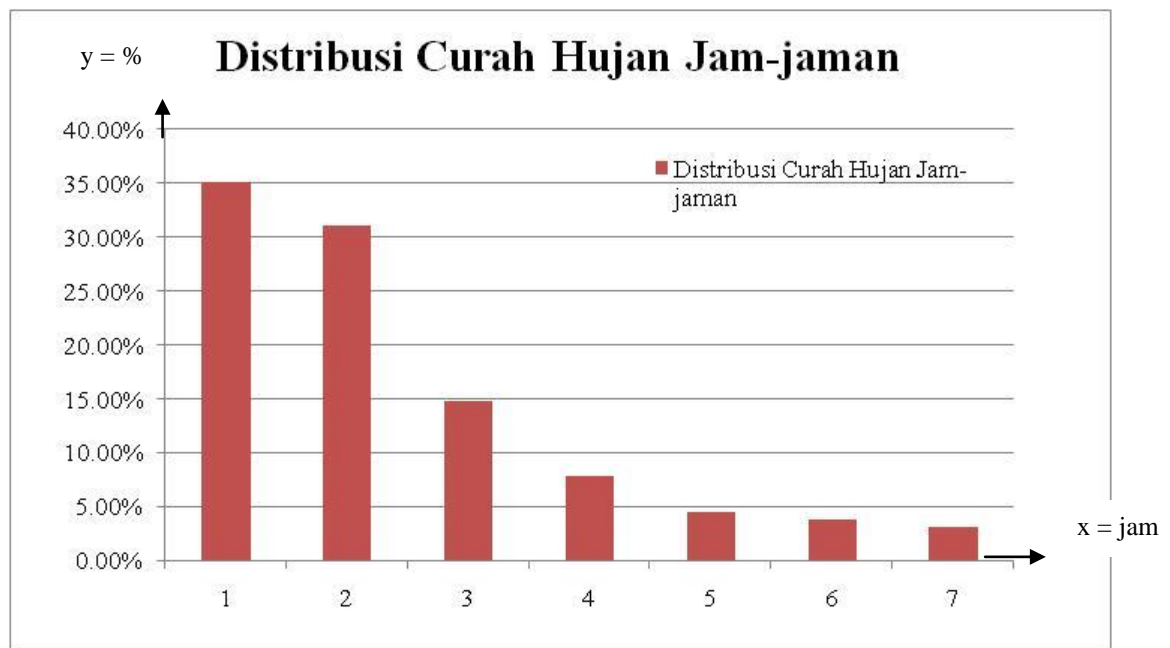
Distribusi Jam-jaman diperoleh dengan melakukan kalibrasi distribusi hujan jam-jaman karakteristik hujan di DAS Garang dengan stasiun curah hujan otomatis terdekat. Mengingat tidak diperolehnya data curah hujan jam-jaman yang berada di DAS Garang, maka diambil stasiun curah hujan otomatis di Bandara Ahmad Yani sebagai yang terdekat. Data yang digunakan adalah hujan yang terjadi pada tanggal 1 Oktober 2010 hingga 31 Desember 2010 dengan data curah hujan harian terlampir.

Tabel 4. 15 Jumlah Hujan Tiap Jam per hari terbesar dari tanggal 1 September 2010 hingga 31 Desember 2010

Data	Curah hujan jam ke-						
	1	2	3	4	5	6	7
1	17.20	22.80	50.00	7.10	1.30	0.60	0.20
2	47.40	0.10	-	-	-	-	-
3	35.50	37.40	17.80	6.90	5.70	5.80	5.10
4	35.70	0.80	1.00	-	-	-	-
5	12.00	29.50	1.20	3.10	-	-	-
6	1.00	25.20	0.10	-	-	-	-
7	18.60	25.00	1.60	1.80	1.20	0.50	0.30
8	25.00	6.40	-	-	-	-	-
9	0.20	24.10	0.10	-	-	-	-
10	21.20	18.00	0.10	-	-	-	-
Rata-rata	21.38	18.93	8.99	4.73	2.73	2.30	1.87
	35.09%	31.07%	14.75%	7.76%	4.49%	3.78%	3.06%



(a)



(b)

Gambar 4. 3 Hasil Pencatatan karakteristik hujan pada stasiun Ahmad Yani dari tanggal 1 Oktober 2010 hingga 31 Desember 2010 (a) dan Hasil perhitungan distribusi curah hujan jam-jaman di Stasiun Ahmad Yani (b)

4.1.5 Perhitungan Debit Q 100 dengan Metode Gama-1

Berdasarkan referensi-referensi yang telah dikaji di dalam Bab 2 pada penelitian ini. Metode yang digunakan dalam menghitung debit banjir adalah menggunakan metode Gama-1 dengan dengan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

- 1) Luas DAS (A)
- 2) Luas DAS sebelah hulu (Au)
- 3) Panjang sungai utama(L)
- 4) Panjang sungai orde tingkat 1 (L1)
- 5) Panjang sungai orde semua tingkat (Ln)
- 6) Jumlah pertemuan sungai (JN)
- 7) Lebar daerah pengaliran sungai pada $3/4$ L ($W_u = 0,75$ L)
- 8) Lebar daerah pengaliran sungai pada $1/4$ L ($W_L = 0,25$ L)
- 9) Jumlah sungai tingkat 1 (P1)
- 10) Jumlah sungai semua tingkat (Pn)
- 11) Kemiringan sungai (I)

Tabel 4. 16 Tabel parameter geomorfologi sungai dan Gama-1

No.	Nama Sub DAS	A (m ²)	Au (m ²)	L (m)	L1 (m)	Ln (m)	JN	P1	Pn
	Garang	94,563,700	60,171,262	35,156.41	116,012	238,378	79	79	227
	Kreo	64,667,800	32,160,407	32,434.54	133,951	268,485	61	61	236
	Kripik	37,502,200	18,275,230	14,064.00	43,407	112,047	30	30	194

No.	Nama Sub DAS	WU	WL	I	SF	SN	D	WF	RUA	SIM
	Garang	8,270.07	2,893.77	0.0578	0.4867	0.3480	2.5208	2.8579	0.6363	1.8185
	Kreo	4,633.86	2,416.78	0.0626	0.4989	0.2585	4.1518	1.9174	0.4973	0.9535
	Kripik	2,519.38	3,797.11	0.0595	0.3874	0.1546	2.9877	0.6635	0.4873	0.3233

	TR	QP	TB	K	f	Qb
Garang	3.3790	4.6416	17.78	4.05	10.49088	21.31
Kreo	2.4126	3.9942	12.67	3.56	10.49080	26.70
Kripik	1.6429	2.8553	8.21	4.21	10.49083	13.78

Dimana parameter-parameter hidrografnya sebagai berikut :

- a) Faktor sumber $SF = L1/Ln$
- b) Frekuensi sumber $SN = P1/Pn$
- c) Kerapatan jaringan $D = Ln/A$
- d) Faktor lebar $WF = W_u/W_L$

- e) perbandingan hulu-hilir $R_{ua} = A_u/A$
 f) Faktor Simetri $SIM = R_{ua} \times WF$

Waktu Naik Hidrograf

$$TR = 0,43 (L/(100SF))^3 + 1,0665 SIM + 1,2775$$

Debit Puncak Hidrograf

$$Q_p = 0,1836 A^{0,5886} TR^{-0,4008} JN^{0,2381}$$

Waktu Dasar

$$TB = 27,4132 TR^{0,1457} S^{-0,0986} SN^{0,7344} RUA^{0,2574}$$

Koefisien Pengaliran

$$K = 0,5617 A^{0,1798} S^{-0,1446} SF^{-1,0897} D^{0,0452}$$

Indeks Phi

$$f = 10,4903 - 3,859 \cdot 10^{-8} A^2 + 1,6985 \cdot 10^{-13} (A/SN)^4$$

Aliran Dasar

$$Q_b = 0,4751 A^{0,6444} D^{0,9430}$$

Aliran pada Sisi Resesi

$$Q_p \times (t/TR) \text{ (persamaan untuk lengkung naik)}$$

$$Q_p \times e^{(-t/K)} \text{ (persamaan untuk lengkung resesi)}$$

Dari hasil perhitungan rumus-rumus di atas, ditabelkan sebagai berikut :

Dari parameter-parameter tersebut, peneliti dapat membuat hidrograf satuan sintetik Gama-1 berdasarkan data geomorfologi sungai.

Tabel 4. 17 Perhitungan hidrograf satuan masing-masing Sub DAS, (a) Sub DAS Garang, (b) Sub DAS Kreo, (c) Sub DAS Kripik

t(jam)	Qt	t(jam)	Qt	t(jam)	Qt
-	-	-	-	-	-
1	1.3737	1	1.6556	1	1.7379
2	2.7473	2	3.3111	2	3.4759
3	4.1210	2.4126	3.9942	1.6429	2.8553
3.38	4.6416	3	3.3867	3	2.0678
4	3.9818	4	2.5574	4	1.6302
5	3.1106	5	1.9312	5	1.2853
6	2.4300	6	1.4583	6	1.0133
7	1.8984	7	1.1012	7	0.7989
8	1.4830	8	0.8316	8	0.6298
9	1.1585	9	0.6280	9	0.4965
10	0.9051	10	0.4742	10	0.3915
11	0.7070	11	0.3581	11	0.3086
12	0.5523	12	0.2704	12	0.2433
13	0.4315	13	0.2042	13	0.1918
14	0.3371	14	0.1542	14	0.1512
15	0.2633	15	0.1164	15	0.1192
16	0.2057	16	0.0879	16	0.0940
17	0.1607	17	0.0664	17	0.0741
18	0.1255	18	0.0501	18	0.0584
19	0.0981	19	0.0379	19	0.0461
20	0.0766	20	0.0286	20	0.0363
21	0.0599	21	0.0216	21	0.0286
22	0.0468	22	0.0163	22	0.0226
23	0.0365	23	0.0123	23	0.0178
24	0.0285	24	0.0093	24	0.0140

(a)

(b)

(c)

Dengan mengkombinasikan perhitungan hidrograf sintetik Gama-1 dengan distribusi curah hujan rancangan dan distribusi hujan jam-jaman, didapat debit banjir rencana periode ulang 100 tahun dengan nilai debit sebesar 1.412,88 m³/detik dengan rincian debit banjir di Sub DAS Garang sebesar 578,74 m³/detik, debit banjir di Sub DAS Kreo sebesar 462,54 m³/detik dan debit banjir di SubDAS Kripik sebesar 371,60 m³/detik.

4.2 Kajian Hidrolika

4.2.1 Geomorfologi Sungai yang Dikaji

Obyek penelitian ini adalah DAS Garang dimana sungai utamanya terdiri dari Sungai Garang, Sungai Kreo dan Sungai Kripik. Ketiga sungai tersebut bertemu

di Tugu Suharto dengan nama Sungai Garang. Setelah melewati Bendung Simongan, nama sungai tersebut berubah menjadi Banjir Kanal Barat yang merupakan kanal buatan. Konsep pengendalian banjir pada penelitian ini adalah menahan debit banjir di bagian hulu DAS melalui penyediaan penampungan-penampungan air berupa waduk. Bila potensi-potensi waduk yang ada tidak mencukupi untuk pengendalian banjir periode ulang 100 tahun, maka diperlukan normalisasi sungai di bagian hilir, yang aplikasinya dapat berupa pelebaran sungai, peninggian tanggul dan atau pembuatan kolam detensi di bagian hilir. Untuk itu, kajian hidraulik sungai pada penelitian ini dititikberatkan pada Sungai Garang bagian hulu dan pertemuan Sungai Kreo dan Sungai Kripik di Sungai Alang, kemudian mengarah di pertemuan Sungai Garang dan Sungai Alang di Tugu Suharto hingga muara Banjir Kanal Barat.

4.4.2 Pengolahan Data

Data yang digunakan dalam analisis hidraulik di dalam penelitian ini adalah data geomorfologi Sungai Garang dari Tugu Suharto hingga muara Banjir Kanal Barat. Data topografi didapat dari desain Normalisasi Sungai Garang/Banjir Kanal Barat yang dilaksanakan oleh Kementerian Pekerjaan Umum melalui Balai Besar Wilayah Sungai Pemali-Juana dari tahun 2010 hingga tahun 2012. Sebagaimana telah dijelaskan di Bab 2, hasil pelaksanaan kegiatan normalisasi tersebut dianggap sebagai kondisi eksisting, sehingga data topografi sungai yang digunakan adalah gambar detail desain Normalisasi Sungai Garang/Banjir Kanal Barat. Data geomorfologi masukan untuk analisis hidraulik pada penelitian ini adalah :

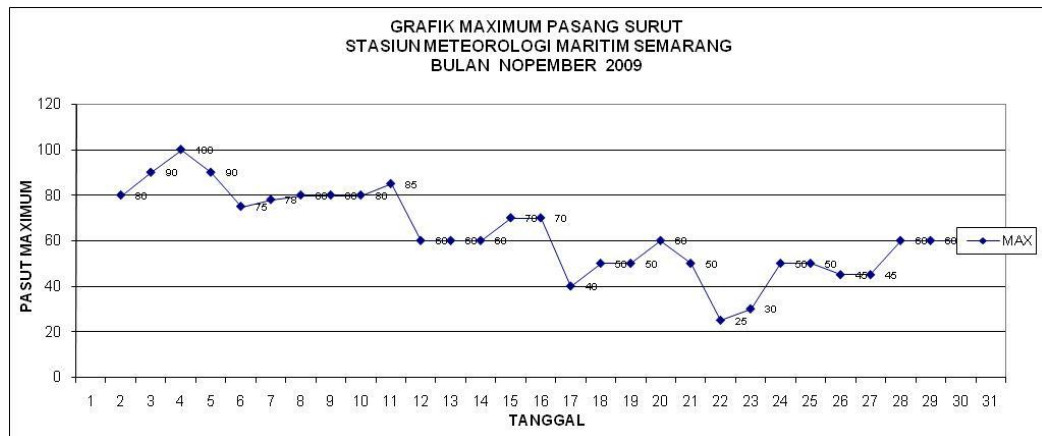
kekasaran permukaan (k)	:
Sungai Garang	: 0,035
Banjir Kanal Barat	: 0,025
kemiringan dasar saluran (I)	:
Tugu Suharto - muara BKB	: 0.000936
Sungai Alang -Tugu Suharto	: 0.003742
Garang hulu - Tugu Suharto	: 0.018616
Luas Penampang Sungai	:

bervariasi di masing-masing sesuai dengan desain Normalisasi Sungai Garang/Banjir Kanal Barat, sehingga permodelannya menggunakan permodelan aliran tidak tetap (*unsteady flow*). Secara umum lebar dasar sungai di masing-masing kelompok ruas sebagai berikut :

Sungai Garang hulu	: 25 meter
Sungai Alang	: 20 meter
Tugu Suharto - Bendung Simongan	: 40 meter (panjang 3,8 km)
Bendung Simongan - Jemb. Nasional	: 50 meter (panjang 1,2 km)
Jemb. Nasional - Jemb. Lingkar Utara	: 150 meter (panjang 3,2 km)
Jemb. Lingkar Utara - Muara BKB	: 300 meter (panjang 1 km)

5.1.2 Perhitungan Kapasitas Sungai Garang dan Banjir Kanal Barat

Berdasarkan kapasitas eksisting, kita dapat mengetahui seberapa besar kapasitas debit yang dapat dialirkan oleh Sungai Garang dan Banjir Kanal Barat dari Tugu Suharto hingga Banjir Kanal Barat. Yang dimaksud kondisi eksisting adalah penampang Sungai Garang dan Banjir Kanal Barat yang telah dinormalisasi oleh Kementerian Pekerjaan Umum sehingga data potongan memanjang dan melintang yang digunakan adalah data desain oleh Kementerian Pekerjaan Umum. Simulasi perhitungan kapasitas debit menggunakan konsep aliran tidak tetap (*unsteady flow*) dengan memperhitungkan pengaruh pasang surut di muara Banjir Kanal Barat. Data pasang surut diperoleh di BMKG Semarang dengan alat pengukur pasang surut yang terpasang di Pelabuhan Tanjung Mas yang berjarak kurang dari 5 km dari muara Banjir Kanal Barat. Data pasang surut yang digunakan adalah data pasang surut jam-jaman selama sepuluh tahun dari tahun 2001 hingga tahun 2011. Dari data tersebut diambil data pada bulan November 2010, menyesuaikan dengan waktu pengambilan data-data lainnya, rata-rata pasang adalah sebesar 63,1 cm (data terlampir). Data rata-rata pasang tersebut digunakan sebagai input di perhitungan debit banjir secara hidraulik dengan perangkat lunak HEC-RAS. Dari hasil simulasi HEC-RAS didapat kapasitas debit sebesar 700 m³/detik.



Gambar 4. 4 Grafik rata-rata pasang surut pada bulan November 2010 yang diambil di Stasiun Meteorologi Maritim Semarang

4.3 Penelusuran Banjir

Penelusuran Banjir pada penelitian ini mengambil obyek DAS Garang dengan luas DAS sekitar 200 km² dimana sebagian besar wilayahnya berada di Kota Semarang dan sebagian kecil berada di Kabupaten Semarang dan Kabupaten Kendal. DAS Garang pada penelitian ini dibagi menjadi 3 (tiga) Sub DAS berdasarkan tiga anak sungai utama pada DAS tersebut, yaitu Sub DAS Garang, Sub DAS Kreo dan Sub DAS Kripik. Ketiga Sub DAS tersebut bergabung di Tugu Suharto dan setelah melewati Bendung Simongan, sungai tersebut berganti nama menjadi Banjir Kanal Barat. Data Luas Sub DAS tersebut sebagai berikut :

Luas Sub DAS Garang = 94,56 km²

Luas Sub DAS Kreo = 64,67 km²

Luas Sub DAS Kripik = 37,50 km²

Data geomorfologi sungai pada pada masing-masing sungai utama adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 18 Data geomorfologi sungai-sungai utama di DAS Garang

No.	Nama Sungai	Panjang (km)	Lebar hulu (m)	Lebar hilir (m)	Kemiringan
1.	Banjir Kanal Barat	5,4	50	150	0,00045
2.	Sungai Garang	38,96	10	40	0,0578
3.	Sungai Kreo	32,44	15	20	0,0626
4.	Sungai Kripik	14,06	15	15	0,0595

Selanjutnya, waktu konsentrasi masing-masing sungai dihitung menggunakan perhitungan waktu konsentrasi yang telah dijelaskan pada Bab 2. Waktu konsentrasi pada masing-masing DAS adalah sebagai berikut :

- 1) Sungai Garang = 202,74 menit
- 2) Sungai Kreo = 114,76 menit
- 3) Sungai Kripik = 98,57 menit

Koefisien infiltrasi diambil dari analisis tata guna lahan yang telah dihitung pada sub bab sebelumnya yaitu sebesar 0,569. Namun koefisien ini akan dikalibrasi pada permodelan HEC-HMS untuk disesuaikan dengan pengukuran di lapangan dengan data AWLR Panjangan.

4.3.1 Kalibrasi Debit dan Penelusuran Banjir Periode Ulang 100 tahun

Kalibrasi penelusuran banjir secara hidrologis dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak HEC-HMS. Untuk itu, diperlukan kalibrasi debit hasil perhitungan dengan debit terjadi yang dapat diketahui dari data AWLR (*Automatic Water Level Recorder*) yang ada. AWLR yang beroperasi dan digunakan sebagai pembanding adalah AWLR Panjangan yang terletak di hilir Tugu Suharto, sebelah hulu Bendung Simongan. Kalibrasi yang dilakukan menggunakan data pada tanggal **21 Oktober 2010**, **5 November 2010** dan **15 Desember 2010**. Berdasarkan rekaman AWLR pada tanggal tersebut, besarnya debit adalah sebesar 27,43 m³/detik pada tanggal 21 Oktober 2010, 35,43 m³/detik pada tanggal 5 November 2010 dan 54,28 m³/detik pada tanggal 15 Desember 2010.

Langkah-langkah kalibrasi pada kajian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Memodelkan skema DAS Garang dengan membagi 3 Sub DAS dan 3 anak sungai di hulu kemudian ketiga anak sungai tersebut bergabung menjadi satu di Tugu Suharto hingga ke muara. Masing-masing data masukan untuk Sub DAS dan data geomorfologi sungai dimasukkan di dalam model hidrologi
- 2) Memasukkan data hidrologi yang terdiri dari :
 - Data intensitas curah hujan rata-rata dari data pengamatan ketiga stasiun curah hujan yang digunakan khususnya pada tanggal 21 Oktober 2010 sebesar 27,85, 5 November 2010 sebesar 32,09 mm dan 15 Desember

2010 sebesar 43,76 mm. Data intensitas curah hujan tersebut di atas didistribusikan berdasarkan curah hujan jam-jaman yang telah dihitung sebelumnya.

Tabel 4. 19 Data curah hujan jam-jaman pada masing-masing tanggal

	21 Oktober 2010		5 November 2010		15 Desember 2010	
Waktu	Ratio	hujan	Ratio	hujan	Ratio	hujan
(jam)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)
[1]	[2]	[3]	[2]	[3]	[2]	[3]
1	35.09%	9.77	35.09%	11.26	35.09%	15.36
2	31.07%	8.65	31.07%	9.97	31.07%	13.60
3	14.75%	4.11	14.75%	4.73	14.75%	6.46
4	7.76%	2.16	7.76%	2.49	7.76%	3.39
5	4.49%	1.25	4.49%	1.44	4.49%	1.96
6	3.78%	1.05	3.78%	1.21	3.78%	1.65
7	3.06%	0.85	3.06%	0.98	3.06%	1.34
HUJAN EFEKTIF		27.85		32.09		43.76

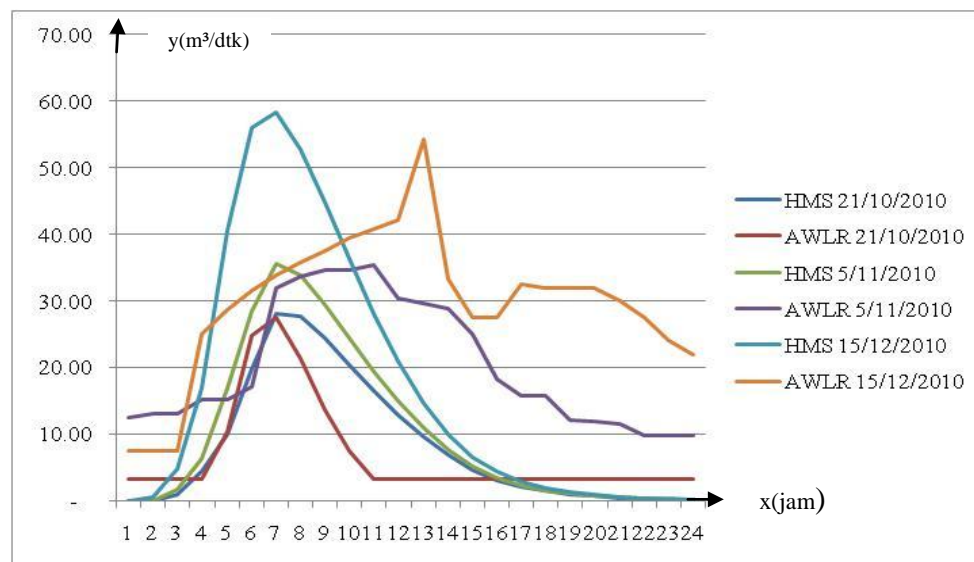
- Data waktu konsentrasi masing-masing anak sungai sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya
 - Memasukkan data koefisien infiltrasi DAS Garang sesuai dengan hasil kalibrasi dengan angka sebesar 0,45.
- 3) Melakukan proses running program HEC-HMS dengan menyetel waktu penelusuran selama 1 hari atau 24 jam
 - 4) Menyesuaikan koefisien infiltrasi supaya debit yang dihasilkan oleh model HEC-HMS menyerupai kondisi lapangan yang tercatat di AWLR

Keluaran (*output*) yang dihasilkan setelah *running* program HEC-HMS adalah sebagai berikut :

- Pada tanggal 21 Oktober 2010, hasil simulasi HEC-HMS didapat debit banjir sebesar **28,04 m³/detik**, atau mendekati dengan data pengamatan AWLR di Stasiun Panjang sebesar **27,43 m³/detik** sehingga selisih hasil kalibrasi sebesar **0,61 m³/detik**, volume air pada hitungan HEC-HMS sebesar 704 ribu m³ sedangkan di pencatatan AWLR sebesar 597 ribu m³
- Pada tanggal 5 November 2010, hasil simulasi HEC-HMS didapat debit banjir sebesar **35,53 m³/detik**, atau mendekati dengan data pengamatan AWLR di Stasiun Panjang sebesar **35,43 m³/detik** sehingga selisih hasil

kalibrasi sebesar **0,10 m³/detik**, volume air pada hitungan HEC-HMS sebesar 883 ribu m³ sedangkan pada catata AWLR sebesar 1,1 juta m³

- Pada tanggal 15 Desember 2010, hasil simulasi HEC-HMS didapat debit banjir sebesar **58,26 m³/detik**, atau mendekati dengan data pengamatan AWLR di Stasiun Panjang sebesar **54,28 m³/detik** sehingga selisih hasil kalibrasi sebesar **1,98 m³/detik**, volume air pada hitungan HEC-HMS sebesar 1,5 juta m³ sedangkan pada hitungan HEC-HMS sebesar 1,6 juta m³



Gambar 4. 5 Hidrograf hasil kalibrasi masing-masing tanggal

Dari hasil kalibrasi tersebut, didapat koefisien pengaliran sebesar 0,68. Data lag time yang digunakan untuk masing-masing Sub DAS adalah sebesar :

Sub DAS Garang : 184,47 menit

Sub DAS Kreo : 168,08 menit

Sub DAS Kripik : 90,08 menit

Metode pendekatan hidrologi untuk Penelusuran banjir yang digunakan adalah formula Muskingum-Chunge

Penelusuran Banjir dengan Pendekatan Hidrologi

Penelusuran Banjir dengan pendekatan hidrologi menggunakan bantuan perangkat lunak HEC-HMS dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- 1) Memodelkan skema DAS Garang dengan membagi 3 Sub DAS dan 3 anak sungai di hulu kemudian ketiga anak sungai tersebut bergabung menjadi satu

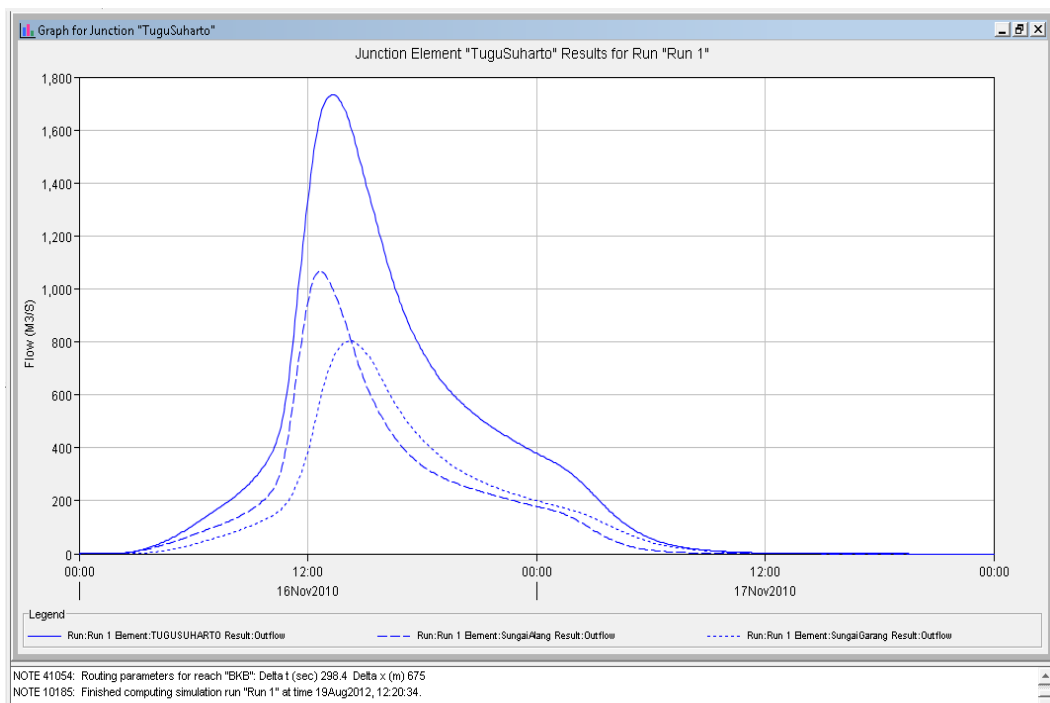
di Tugu Suharto hingga ke muara. Masing-masing data masukan untuk Sub DAS dan data geomorfologi sungai dimasukkan di dalam model hidrologi

2) Memasukkan data hidrologi yang terdiri dari :

- Data intensitas curah hujan periode ulang 100 tahun yang telah dihitung dengan metode Gumble sebesar 316 mm.
- Data waktu konsentrasi masing-masing anak sungai sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya
- Memasukkan data koefisien infiltrasi DAS Garang sesuai dengan hasil kalibrasi dengan angka sebesar 0,45.

3) Melakukan proses running program HEC-HMS dengan menyetel waktu penelusuran selama 2 hari atau 48 jam

Dari hasil running penelusuran banjir HEC-HMS dapat dipaparkan sebagaimana di bawah ini :



Gambar 4. 6 Hidrograf debit banjir hasil penelusuran secara hidrologi Q 100 tahun

Setelah dikalibrasi, debit banjir rencana periode ulang 100 tahun dengan menggunakan perangkat lunak HEC-HMS pada titik-titik kontrol adalah sebagai berikut:

- Di Kali Pancur, debit banjir yang terjadi sebesar 943,57 m³/detik
- Di Tugu Suharto, debit banjir yang terjadi sebesar 1.417,86 m³/detik

- Di Bendung Simongan, debit banjir yang terjadi sebesar 1.344,66 m³/detik
- Di Muara Banjir Kanal Barat, debit banjir yang terjadi sebesar 1.287,78 m³/detik

Penelusuran Banjir dengan Pendekatan Hidrolika

Penelusuran banjir secara hidraulik menggunakan bantuan perangkat lunak HEC-RAS untuk mensimulasi penelusuran banjir dengan formula Siant-Venant, aliran tidak tetap. Permodelan penelusuran banjir ini dibuat dengan memodelkan Sungai Garang dari pertemuan ketiga anak sungai di Tugu Suharto hingga Muara Banjir Kanal Barat sehingga perbandingan penelusuran banjir secara hidrologi dan hidraulik pada ruas Tugu Suharto hingga Muara Banjir Kanal Barat dapat dilakukan. Langkah-langkah penelusuran banjir ini diuraikan sebagai berikut :

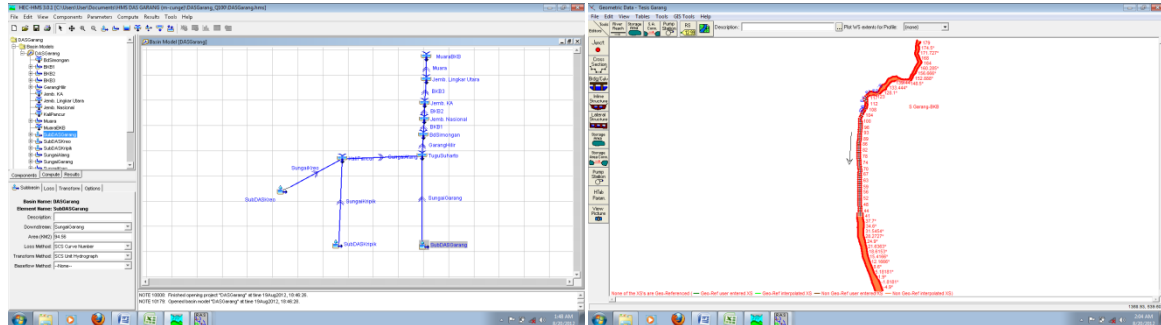
- 1) Memodelkan geomorfologi sungai dari pertemuan tiga anak sungai di Tugu Suharto hingga Muara Banjir Kanal Barat sepanjang 9,2 km dengan menggunakan data gambar situasi, gambar potongan memanjang dan potongan melintang sungai yang telah diukur kondisi topografinya sebelumnya
- 2) Memasukkan input hidraulik pada model tersebut, dengan menetapkan model sebagai aliran tidak tetap (*unsteady flow*), menentukan kekasaran permukaan dengan memasang angka 0,05 untuk tebing yang tidak dilindungi dan 0,035 untuk tebing yang dilindungi oleh struktur.
- 3) Memasukkan hidrograf debit banjir. Untuk membandingkan kedua pendekatan penelusuran banjir yaitu secara hidrologis dan hidraulik, hidrograf yang digunakan adalah hasil running HEC-HMS di Tugu Suharto
- 4) Memasukkan data pasang surut di Muara Banjir Kanal Barat dengan rata-rata pasang berada pada elevasi 0,6 meter.
- 5) Melakukan running program HEC-RAS

Hasil running HEC-RAS berupa hidrograf debit banjir pada masing-masing ruas sepanjang sungai dari Tugu Suharto hingga Muara Banjir Kanal Barat pada titik-titik kontrol adalah sebagai berikut:

- Di Tugu Suharto, debit banjir yang terjadi sebesar 1.417,86 m³/detik
- Di Bendung Simongan, debit banjir yang terjadi sebesar 1.335,42 m³/detik

- Di Muara Banjir Kanal Barat, debit banjir yang terjadi sebesar 1.259,46 m³/detik

Hasil analisis HEC-HMS dan HEC-RAS terjadi sedikit perbedaan nilai debit banjir dengan kedua pendekatan tersebut dimana kajian perbandingannya juga akan dibahas pada penelitian ini.



Gambar 4. 7 Model pada penelusuran banjir dengan perangkat lunak HEC-HMS (kiri) dan HEC-RAS (kanan)

Tabel 4. 20 Perbandingan debit banjir pada penelusuran banjir di DAS Garang

Model	debit banjir jam-jaman (m ³ /detik)			
HMS	Kali Pancur	Tugu Suharto	Simongan	Muara
Tanpa waduk	943.57	1,417.86	1,334.66	1,287.78
RAS		Tugu Suharto	Simongan	Muara
Tanpa waduk		1,475.05	1,361.49	1,320.67

4.3.2 Penelusuran Banjir Kondisi Eksisting

Sebagaimana uraian pada Bab 3, kondisi eksisting pada penelitian ini memaksudkan kondisi eksisting DAS Garang setelah Waduk Jatibarang dan Normalisasi Sungai Garang dan Banjir Kanal Barat selesai dilaksanakan dengan debit banjir rencana periode ulang 100 tahun.

Manual

Penelusuran Banjir dilakukan dengan memodelkan kondisi eksisting yang terjadi di DAS Garang. kondisi eksisting ini antara lain sebagai berikut :

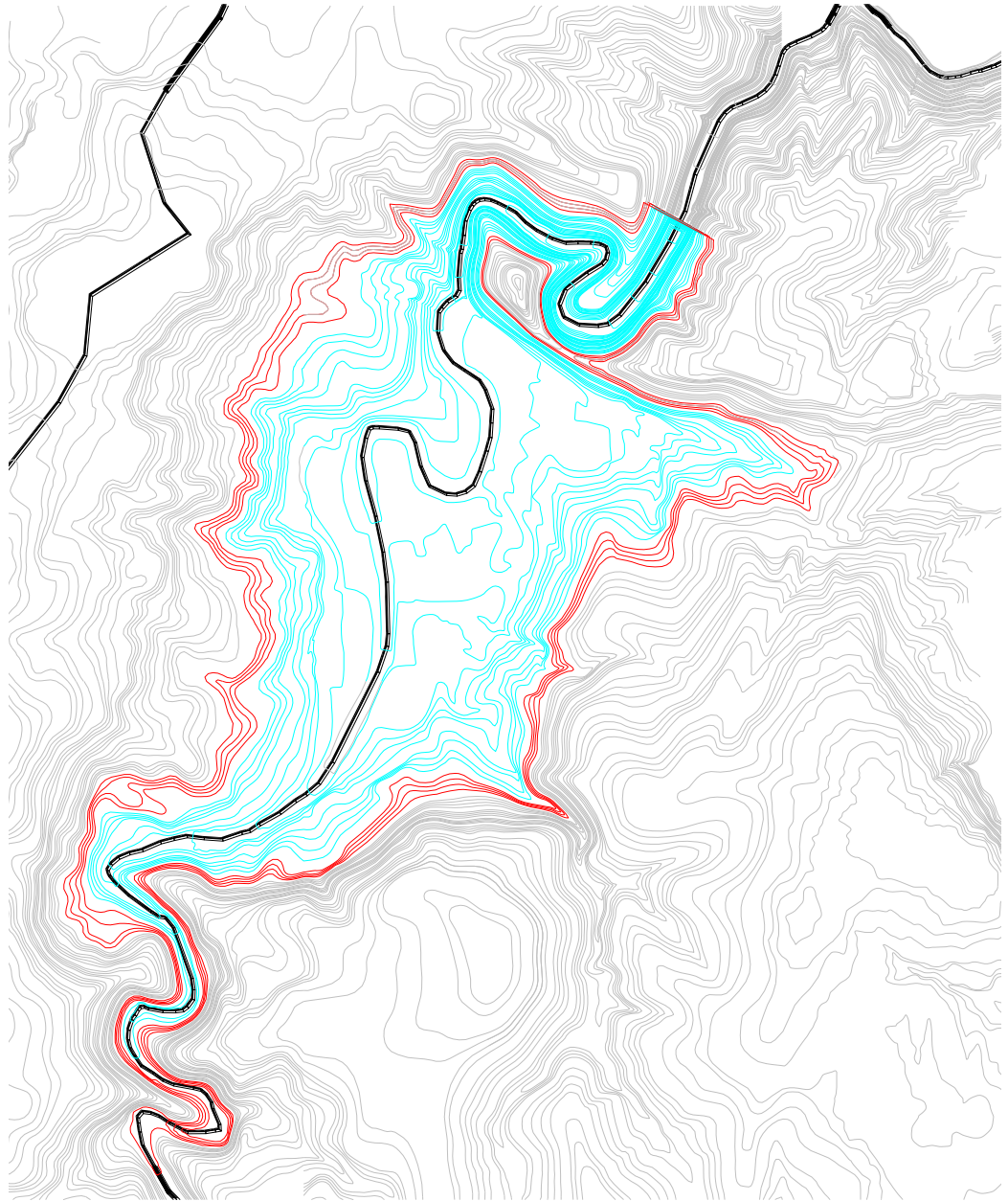
- Debit banjir rencana yang digunakan adalah debit banjir periode ulang 100 tahun berdasarkan perhitungan menggunakan metode Gama-1 yang telah dikalibrasi
- Waduk Jatibarang, yang saat ini sedang dibangun oleh Kementerian Pekerjaan Umum, melalui Balai Besar Wilayah Sungai Pemali-Juana dianggap sudah selesai beroperasi
- Kondisi sungai di hilir dari Tugu Suharto hingga muara Banjir Kanal Barat dianggap telah dinormalisasi sesuai desain Normalisasi yang dilaksanakan bersamaan dengan proyek Waduk Jatibarang
- Penelusuran Banjir di Waduk Jatibarang dihitung secara manual dengan pendekatan hidrologi menggunakan rumus Muskingum-Chunge

Kemudian, tahapan-tahapan yang diperlukan untuk untuk menganalisis penelusuran banjir di DAS Garang kondisi eksisting dengan debit banjir periode ulang 100 tahun dijelaskan di bawah ini:

- **Analisis penelusuran banjir di Waduk Jatibarang**

Data Waduk Jatibarang

Nama Waduk	: Waduk Jatibarang
Tinggi bendungan	: 77 meter
Volume waduk	: 17,3 m ³ /detik
Lebar pelimpah biasa	: 15 meter
Lebar pelimpah darurat	: 60 meter
Elevasi pelimpah biasa	: 148,9 meter
Elevasi pelimpah darurat	: 151,8 meter
Kapasitas outlet	: 6 m ³ /detik
Luas genangan	: 107,51 ha
Daerah tangkapan air	: 53,37 km ²



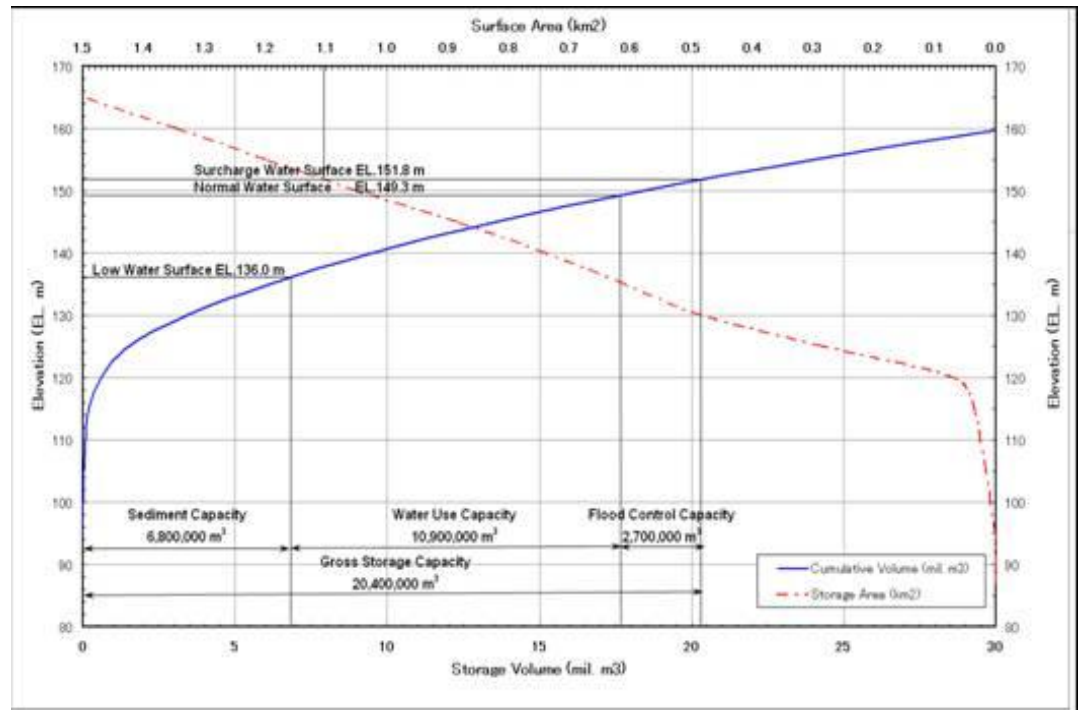
Gambar 4. 8 Denah Waduk Jatibarang, warna biru adalah daerah genangan dan warna merah adalah daerah limpasan

Debit masukan (*inflow*) Waduk Jatibarang berasal dari aliran air dari daerah tangkapannya dan debit keluaran (*outflow*) keluar dari pelimpah Waduk Jatibarang yang melimpah secara otomatis tanpa pintu. Pengendalian banjir pada Waduk Jatibarang berupa peredaman debit banjir dengan memanfaatkan luas genangan untuk menampung *inflow* pada saat banjir terjadi dan mengendalikan *outflow* melalui sistem pelimpah pada saat yang

bersamaan. Perbandingan antara elevasi waduk dengan luas genangan dan volume waduk sebagai berikut :

Tabel 4. 21 Perbandingan antara elevasi, luas genangan dan volume pada Waduk Jatibarang, tabel yang ditandai dengan warna biru adalah elevasi limpasan

Elevasi (m)	Luas (m²)	Volume (m³)	Δ Volume (m³)
92	571	571	571
94	2,293	4,587	5,158
96	4,327	8,653	13,811
98	7,065	14,130	27,941
102	13,650	54,601	82,541
104	18,052	36,103	118,645
106	22,818	45,636	164,280
108	28,014	56,028	220,309
112	36,439	145,756	366,064
114	39,544	79,089	445,153
116	42,665	85,330	530,483
118	46,549	93,098	623,581
122	94,485	377,939	1,001,520
124	191,141	382,281	1,383,801
126	298,074	596,149	1,979,950
128	376,931	753,862	2,733,813
132	485,709	1,942,835	4,676,648
134	528,755	1,057,509	5,734,157
136	577,208	1,154,417	6,888,574
138	624,082	1,248,164	8,136,738
142	723,234	2,892,935	11,029,673
144	775,947	1,551,894	12,581,566
146	832,498	1,664,996	14,246,562
148	887,042	1,774,084	16,020,646
150	950,952	1,901,904	17,922,550
152	1,014,862	2,029,724	19,952,274
154	1,075,145	2,150,290	22,102,564
156	1,150,014	2,300,028	24,402,592
158	1,206,497	2,412,993	26,815,585



Gambar 4.9 Grafik perbandingan elevasi dan volume Waduk Jatibarang

Penelusuran Banjir Waduk Jatibarang dengan cara manual ditabelkan di bawah ini. Inflow dimodelkan dari perhitungan hidrograf banjir periode ulang 100 tahun yang terjadi di daerah tangkapan Waduk Jatibarang dengan metode Gama-1. Pada saat terjadi banjir, diasumsi pada kondisi paling ekstrim dimana elevasi genangan tepat berada pada mercu spillway waduk yaitu pada elevasi 149.5 meter. Setelah itu, proses perhitungan penelusuran banjir pada waduk menggunakan rumus Muskingum-Chunge dimana setiap masukan pada waduk pada prosesnya menggenangi areal genangan waduk kemudian keluar melalui spillway dimana rumus debit keluarnya menggunakan rumus USBR sebagaimana telah dijelaskan di atas. Hasil perhitungan penelusuran banjir pada Waduk Jatibarang diuraikan sebagai berikut.

Tabel 4. 22 Tabel penelusuran banjir pada Waduk Jatibarang

t (jam)	Inflow (m ³ /s)	Inflow (m ³ /jam)	ΔS (m ³)	H (m)	ΔH (m)	Outflow (m ³ /s)	Outflow (m ³ /jam)
0	0	-	17,300,000	148.90	-	-	-
1	29.93	107,752.12	17,407,752	149.43	0.53	21.59	77,738.69
2	114.59	412,528.18	17,742,542	149.76	0.86	44.58	160,499.04
3	223.76	805,522.93	18,387,566	150.40	1.50	102.19	367,868.65
4	304.40	1,095,845.29	19,115,542	151.11	2.21	183.87	661,930.42
5	353.44	1,272,373.96	19,725,986	151.72	2.82	263.69	949,296.08
6	360.33	1,297,187.06	20,073,877	152.06	3.16	304.99	1,097,947.95
7	298.23	1,073,616.39	20,049,545	152.03	3.13	301.00	1,083,583.69
8	241.45	869,221.25	19,835,183	151.82	2.92	278.95	1,004,237.21
9	195.48	703,738.87	19,534,684	151.53	2.63	237.66	855,564.79
10	158.27	569,761.03	19,248,881	151.25	2.35	200.48	721,727.07
11	128.14	461,289.90	18,988,443	150.99	2.09	168.49	606,559.58
12	103.74	373,469.51	18,755,353	150.76	1.86	141.47	509,302.54
13	83.99	302,368.37	18,548,419	150.56	1.66	118.84	427,839.17
14	68.00	244,803.46	18,365,383	150.37	1.47	99.95	359,837.91
15	55.05	198,197.77	18,203,743	150.22	1.32	84.20	303,137.71
16	44.57	160,464.87	18,061,070	150.08	1.18	71.07	255,856.86
17	36.09	129,915.56	17,935,129	149.95	1.05	60.11	216,401.29
18	29.22	105,182.23	17,823,910	149.84	0.94	50.96	183,438.24
19	23.65	85,157.63	17,725,630	149.74	0.84	43.29	155,860.76
20	19.15	68,945.32	17,638,714	149.66	0.76	36.88	132,752.47
21	15.51	55,819.51	17,561,781	149.58	0.68	31.49	113,355.84
22	12.55	45,192.59	17,493,618	149.52	0.62	26.96	97,044.94
23	10.16	36,588.82	17,433,162	149.46	0.56	23.14	83,302.56
24	8.23	29,623.04	17,379,482	149.40	0.50	19.92	71,701.06
	360.33					304.99	

Outflow waduk didapat dari hasil perhitungan debit limpasan pada pelimpah dengan rumus USBR, $Q = C \times L \times H^{3/2}$ dimana :

Q : debit (m³/detik)

L : lebar pelimpah (15 meter pada kondisi biasa, 60 meter pada kondisi darurat)

H : tinggi limpasan (m)

Dari hasil penelusuran banjir didapat :

Inflow maksimum : 360,33 m³/detik

Outflow maksimum : 304,99 m³/detik

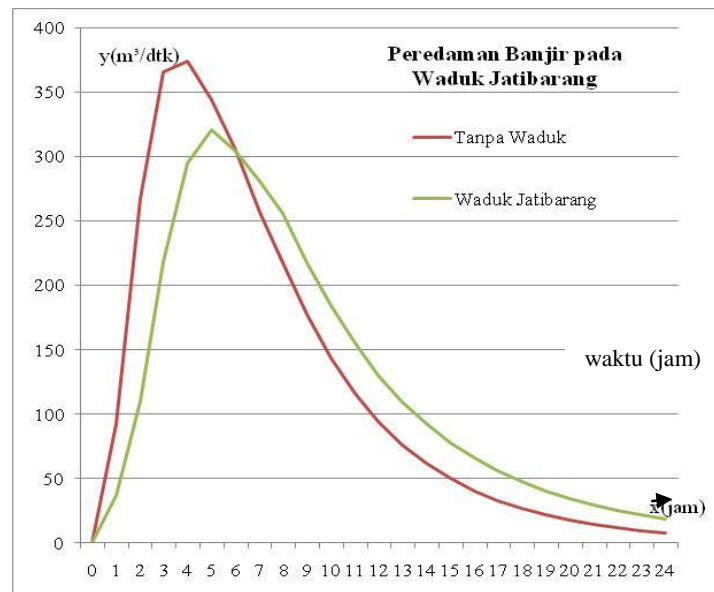
Peredaman banjir : 55,34 m³/detik

- Dengan adanya peredaman banjir di Waduk Jatibarang di Sungai Kreo, debit yang terjadi di Tugu Suharto adalah gabungan dari debit banjir di Sungai Garang, Sungai Kreo dan Sungai Kripik :

Debit di Sungai Garang = 554,50 m³/detik

Debit di Sungai Kreo = 304,99 m³/detik

Debit di Sungai Kripik = 332,08 m³/detik
 Debit di Tugu Suharto = **1.291,57 m³/detik**



Gambar 4. 10 Grafik peredaman banjir pada Waduk Jatibarang secara manual

Setelah dilakukan penelusuran banjir pada kondisi eksisting yang didapati bahwa kapasitas pengaliran debit pada Banjir Kanal Barat tidak dapat menampung debit banjir periode ulang 100 tahun, maka diperlukan rekayasa-rekayasa pengendalian banjir yang disusun berdasarkan beberapa skenario yang dijelaskan di bawah ini.

HEC-HMS

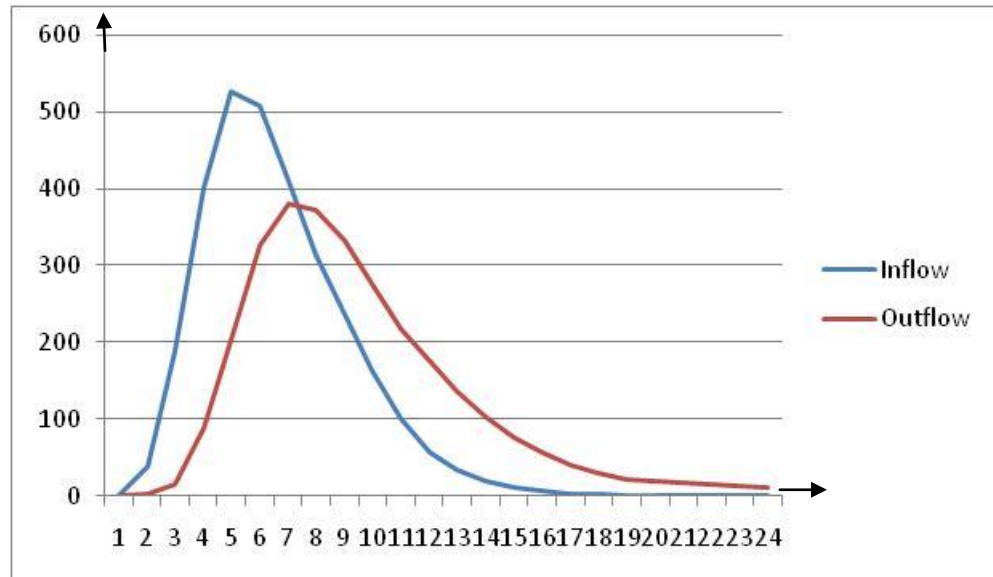
Penelusuran banjir dengan perangkat lunak HEC-HMS kondisi eksisting dengan mempertimbangkan keberadaan Waduk Jatibarang dimodelkan dan diproses dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- 5) Memodelkan skema DAS Garang dengan membagi 3 Sub DAS dan 3 anak sungai di hulu kemudian ketiga anak sungai tersebut bergabung menjadi satu di Tugu Suharto hingga ke muara. Masing-masing data masukan untuk Sub DAS dan data geomorfologi sungai dimasukkan di dalam model hidrologi
- 6) Memasukkan data hidrologi yang terdiri dari :
 - Data intensitas curah hujan periode ulang 100 tahun yang telah dihitung dengan metode Gumble sebesar 316 mm.

- Data waktu konsentrasi masing-masing anak sungai sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya
 - Memasukkan data koefisien infiltrasi DAS Garang sesuai dengan hasil kalibrasi dengan angka sebesar 0,68.
- 7) Memodelkan Waduk Jatibarang, memasukkan data hubungan antara elevasi, debit dan keluaran dari Waduk Jatibarang dengan elevasi awal pada elevasi mercu spillway yaitu 148,9 meter.
 - 8) Melakukan proses running program HEC-HMS dengan menyetel waktu penelusuran selama 1 hari atau 24 jam
 - 9) Dari analisis HEC-RAS, Waduk Jatibarang dapat mereduksi banjir sebesar 146,05 m³/detik

Dengan menggunakan perangkat lunak HEC-HMS dimana parameternya telah dikalibrasi dengan data AWLR adalah sebagai berikut:

- Di Kali Pancur, debit banjir yang terjadi sebesar 600,30 m³/detik
- Di Tugu Suharto, debit banjir yang terjadi sebesar 1.229,39 m³/detik, dengan peredaman debit sebesar 188,47 m³/detik dibanding dengan kondisi tanpa waduk
- Di Bendung Simongan, debit banjir yang terjadi sebesar 1.181,38 m³/detik, dengan peredaman debit sebesar 48 m³/detik dibanding dengan kondisi di Tugu Suharto
- Di Muara Banjir Kanal Barat, debit banjir yang terjadi sebesar 1.144,36 m³/detik, dengan peredaman debit sebesar 37,03 m³/detik dibanding dengan kondisi di Simongan



Gambar 4. 11 Grafik peredaman banjir pada Waduk Jatibarang dengan menggunakan bantuan perangkat lunak HEC-HMS

HEC-RAS

Langkah-langkah penelusuran banjir ini diuraikan sebagai berikut :

- 1) Memodelkan geomorfologi sungai dari pertemuan tiga anak sungai di Tugu Suharto hingga Muara Banjir Kanal Barat sepanjang 9,2 km dengan menggunakan data gambar situasi, gambar potongan memanjang dan potongan melintang sungai yang telah diukur kondisi topografinya sebelumnya
- 2) Memasukkan input hidraulik pada model tersebut, dengan menetapkan model sebagai aliran tidak tetap (*unsteady flow*), menentukan kekasaran permukaan dengan memasang angka 0,05 untuk tebing yang tidak dilindungi dan 0,035 untuk tebing yang dilindungi oleh struktur.
- 3) Memasukkan hidrograf debit banjir. Untuk membandingkan kedua pendekatan penelusuran banjir yaitu secara hidrologis dan hidraulik, hidrograf yang digunakan adalah hasil running HEC-HMS di Tugu Suharto
- 4) Memasukkan data pasang surut di Muara Banjir Kanal Barat dengan rata-rata pasang berada pada elevasi 0,6 meter.

Melakukan running program HEC-RAS

Penelusuran banjir dengan pendekatan hidraulik dilakukan dengan bantuan perangkat lunak HEC-RAS. Dengan menggunakan hidrograf yang didapat dari hasil perhitungan menggunakan HEC-HMS, debit banjir yang terjadi antara lain:

- Di Tugu Suharto, debit banjir yang terjadi sebesar 1.417,86 m³/detik
- Di Bendung Simongan, debit banjir yang terjadi sebesar 1.335,42 m³/detik
- Di Muara Banjir Kanal Barat, debit banjir yang terjadi sebesar 1.259,46 m³/detik

4.4 Peredaman Banjir pada Masing-masing Skenario

Peredaman banjir dikaji melalui penelusuran banjir kemudian dengan beberapa skenario sebagaimana dijelaskan pada Bab III :

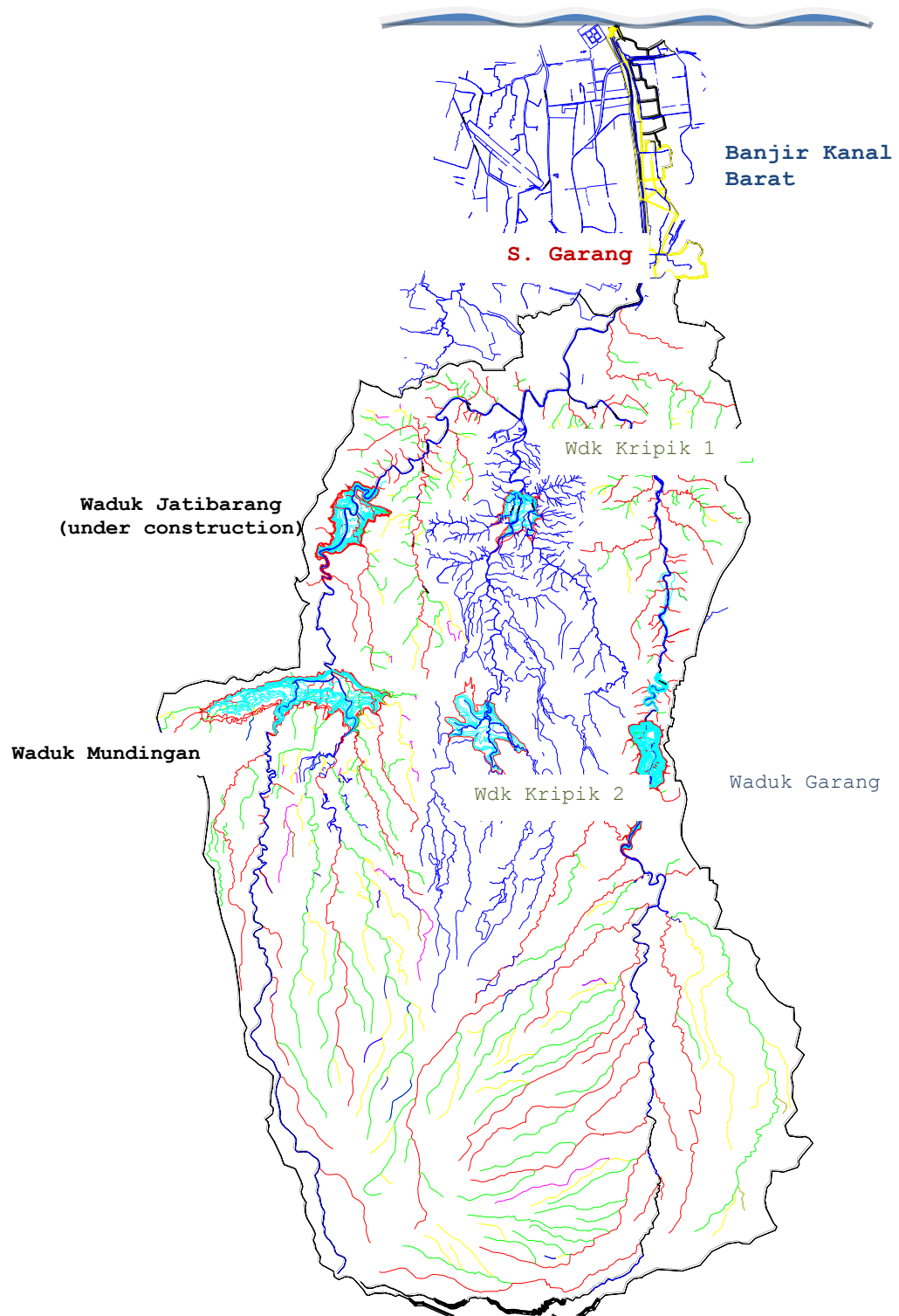
Skenario 1 : Penambahan Waduk Mundingan di hulu Waduk Jatibarang, SubDAS Kreo untuk meredam debit banjir di Sub DAS Kreo.

Skenario 2 : Penambahan Waduk Garang, Sub DAS Garang untuk meredam debit banjir di Sub DAS Garang.

Skenario 3 : Penambahan Waduk Kripik 1 dan Waduk Kripik 2 di SubDAS Kripik untuk meredam debit banjir di Sub DAS Kripik.

Skenario 4 : Pengendalian debit banjir menggunakan kolam detensi di Panjangan, sebelah hulu Bendung Simongan dan sebelah hilir Tugu Suharto

Skenario 5 : Pengendalian Banjir dengan normalisasi sungai melalui pelebaran alur sungai dan peninggian tanggul di Banjir Kanal Barat



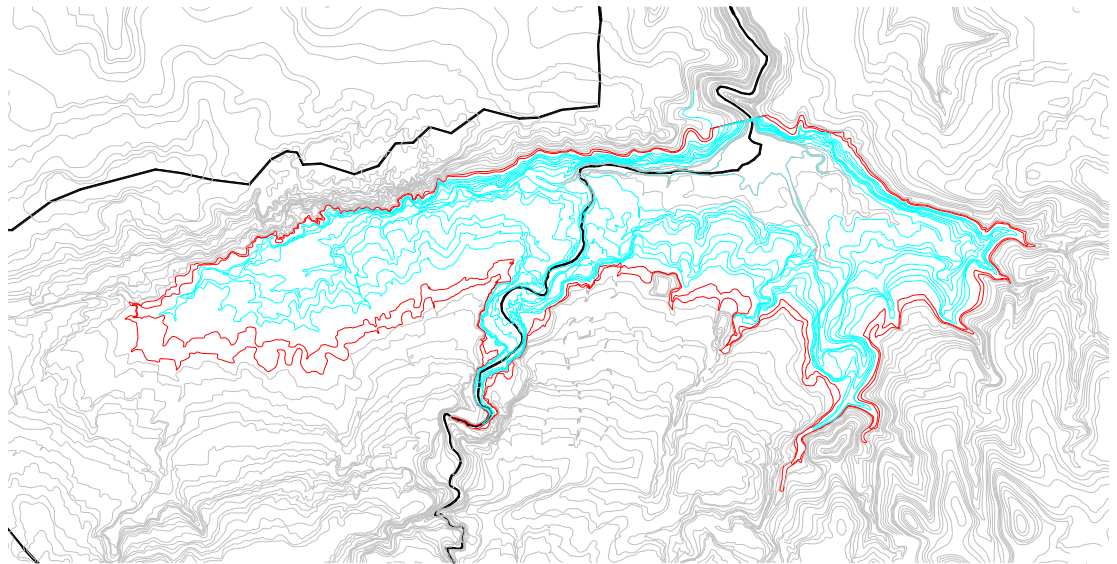
Gambar 4. 12 Lokasi Sungai dan rencana Waduk yang akan diteliti

4.4.1 Penelusuran Banjir Skenario 1

Sesuai dengan penjelasan di Bab 3, penelusuran banjir skenario 1 adalah dengan rencana adanya Waduk Mundingan di Sub DAS Kreo dengan profil waduk sebagai berikut :

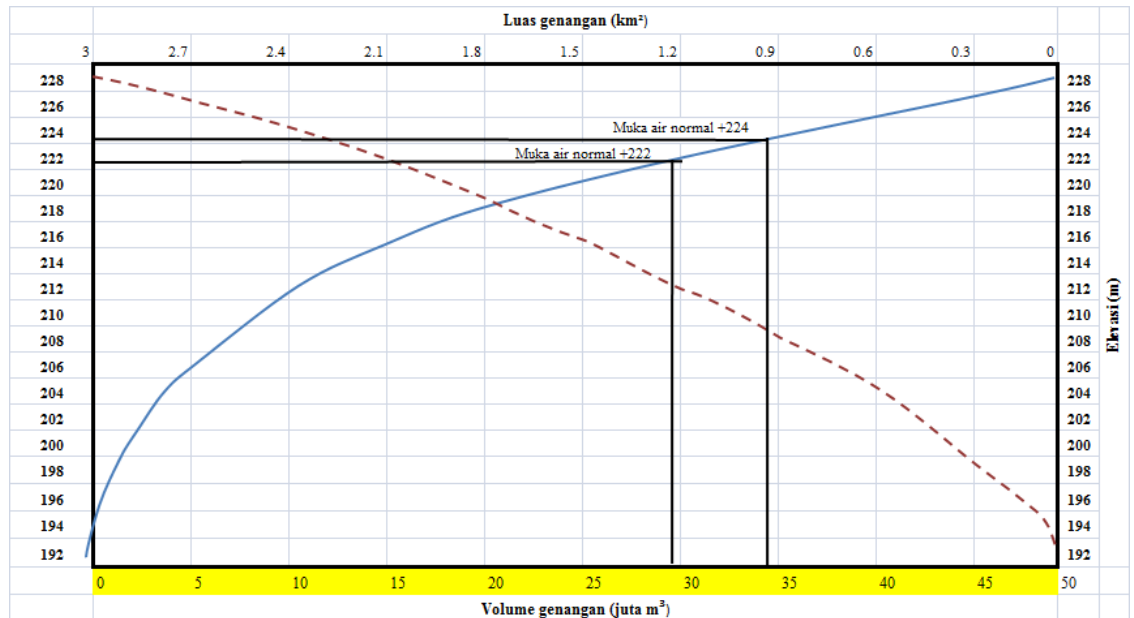
Data Waduk Mundingan

Nama Waduk	: Waduk Jatibarang
Tinggi bendungan	: 35 meter
Volume waduk	: 29,17 m ³ /detik
Lebar pelimpah	: 20 meter
Elevasi pelimpah	: 222 meter
Luas genangan	: 251,15 ha
Daerah tangkapan air	: 45,96 km ²



Gambar 4. 13 Denah Waduk Mundingan, warna biru adalah daerah genangan dan warna merah adalah daerah limpasan

Debit masukan (inflow) Waduk Mundingan berasal dari aliran air dari daerah tangkapannya dan debit keluaran (outflow) keluar dari pelimpah Waduk Mundingan yang melimpah secara otomatis tanpa pintu. Pengendalian banjir pada Waduk Mundingan berupa peredaman debit banjir dengan memanfaatkan luas genangan untuk menampung *inflow* pada saat banjir terjadi dan mengendalikan *outflow* melalui sistem pelimpah pada saat yang bersamaan. Perbandingan antara elevasi waduk, luas genangan, volume waduk dan debit keluaran waduk dari spillway terlampir. Elevasi mercu spillway adalah pada ketinggian 224 meter.



Gambar 4. 14 Grafik hubungan antara elevasi, luas dan volume genangan Waduk Mundingan

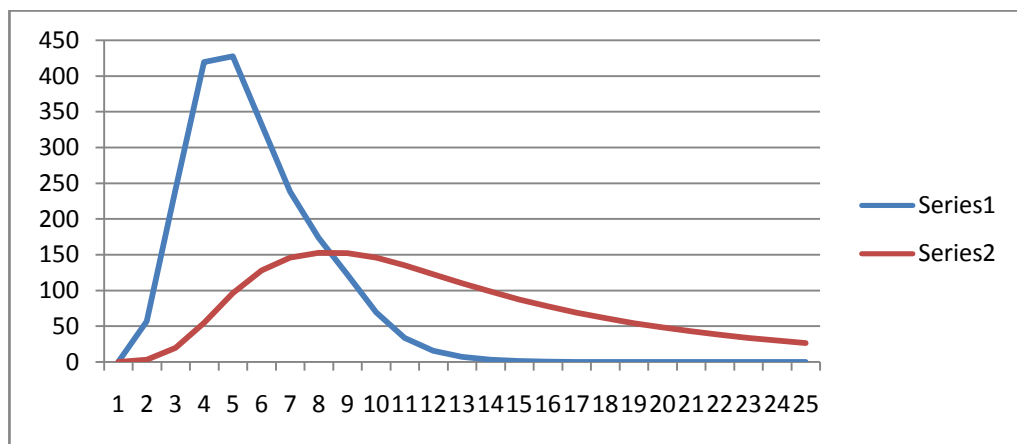
HEC-HMS

Penelusuran Banjir menggunakan perangkat lunak HEC-HMS dilakukan dengan langkah-langkah seperti pada penelusuran banjir kondisi eksisting dengan modifikasi penambahan Waduk Mundingan di sebelah hulu Waduk Jatibarang di Sub DAS Kreo. Data Waduk Mundingan yang perlu dimasukkan di dalam model antara lain data hubungan elevasi, volume dan debit keluaran Waduk Mundingan yang terlampir pada daftar lampiran kajian ini serta memasukkan elevasi awal genangan yaitu pada elevasi mercu spillway di ketinggian 222 meter.

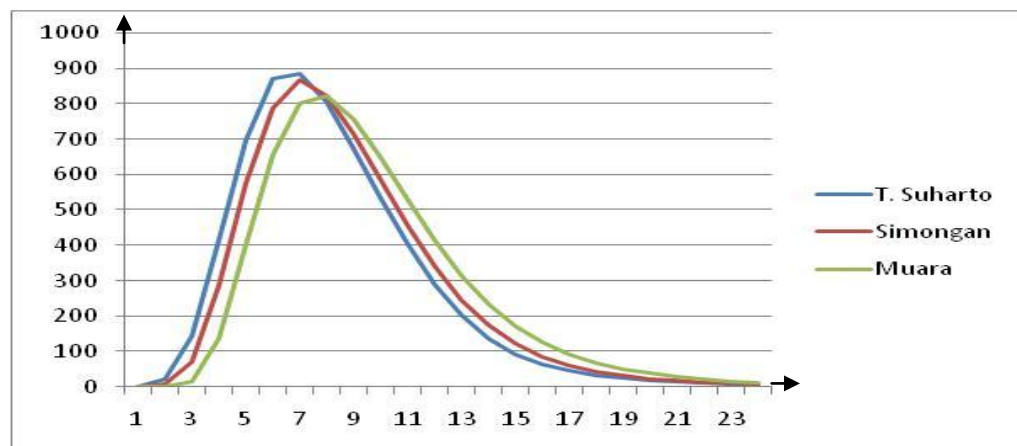
Dengan menggunakan perangkat lunak HEC-HMS dimana parameternya telah dikalibrasi dengan data AWLR yang ada didapat debit banjir pada titik-titik kontrol antara lain:

- Di Waduk Mundingan terjadi peredaman debit puncak banjir dimana semula debit puncak pada kondisi tanpa waduk adalah sebesar 427,45 m³/detik menjadi 152,631 m³/detik sehingga terjadi peredaman sebesar 274, 81 m³/detik

- Di lokasi Waduk Jatibarang, akibat pengaruh Waduk Mundingan, debit puncak yang masuk ke Waduk Jatibarang adalah sebesar 70,224 m³/detik dan teredam menjadi 18,438 m³/detik
- Di Kali Pancur, debit banjir yang terjadi sebesar 358,70 m³/detik
- Di Tugu Suharto, debit banjir yang terjadi sebesar 884,83 m³/detik, dengan peredaman debit sebesar 344,56 m³/detik dibanding dengan kondisi eksisting
- Di Bendung Simongan, debit banjir yang terjadi sebesar 869,41 m³/detik, dengan peredaman debit sebesar 15,42 m³/detik dibanding dengan kondisi di Tugu Suharto
- Di Muara Banjir Kanal Barat, debit banjir yang terjadi sebesar 821,80 m³/detik, dengan peredaman debit sebesar 48,59 m³/detik dibanding dengan kondisi di Bendung Simongan



(a)



(b)

Gambar 4. 15 Grafik peredaman banjir skenario 1 pada lokasi Waduk Mundingan (a) dan peredaman debit di Tugu Suharto, Bendung Simongan dan Muara BKB (b)

HEC-RAS

Langkah-langkah penelusuran Banjir dengan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS untuk skenario 1 mirip dengan permodelan kondisi eksisiting. Bedanya adalah hidrograf masukan di Tugu Suharto pada 1 menggunakan hidrograf keluaran di Tugu Suharto hasil *running* dari perangkat lunak HEC-HMS skenario 1.

Penelusuran banjir dengan pendekatan hidraulik dilakukan dengan bantuan perangkat lunak HEC-RAS. Dengan menggunakan hidrograf yang didapat dari hasil perhitungan menggunakan HEC-HMS, debit banjir yang terjadi pada masing-masing titik kontrol adalah sebagai berikut :

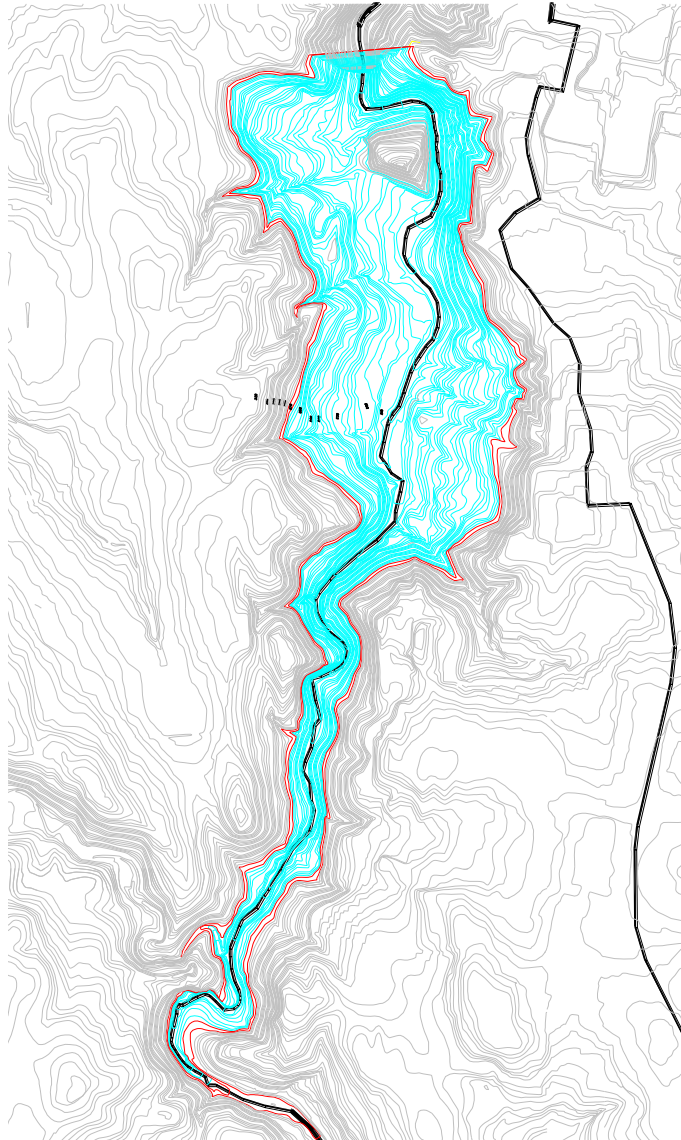
- Di Tugu Suharto, debit banjir yang terjadi sebesar 884,83 m³/detik
- Di Muara Banjir Kanal Barat, debit banjir yang terjadi sebesar 838,46 m³/detik

4.4.2 Penelusuran Banjir Skenario 2

Sesuai dengan penjelasan di Bab 3, penelusuran banjir skenario 2 adalah dengan rencana adanya Waduk Garang di Sub DAS Garang dengan profil waduk sebagai berikut :

Data Waduk Garang

Nama Waduk	: Waduk Garang
Tinggi bendungan	: 89 meter
Volume waduk	: 28,92 m ³ /detik
Lebar pelimpah	: 7,5 meter
Lebar pelimah darurat	: 30 meter
Elevasi pelimpah	: 266 meter
Elevasi pelimpah darurat	: 270 meter
Luas genangan	: 95,01 ha
Daerah tangkapan air	: 70,32 km ²



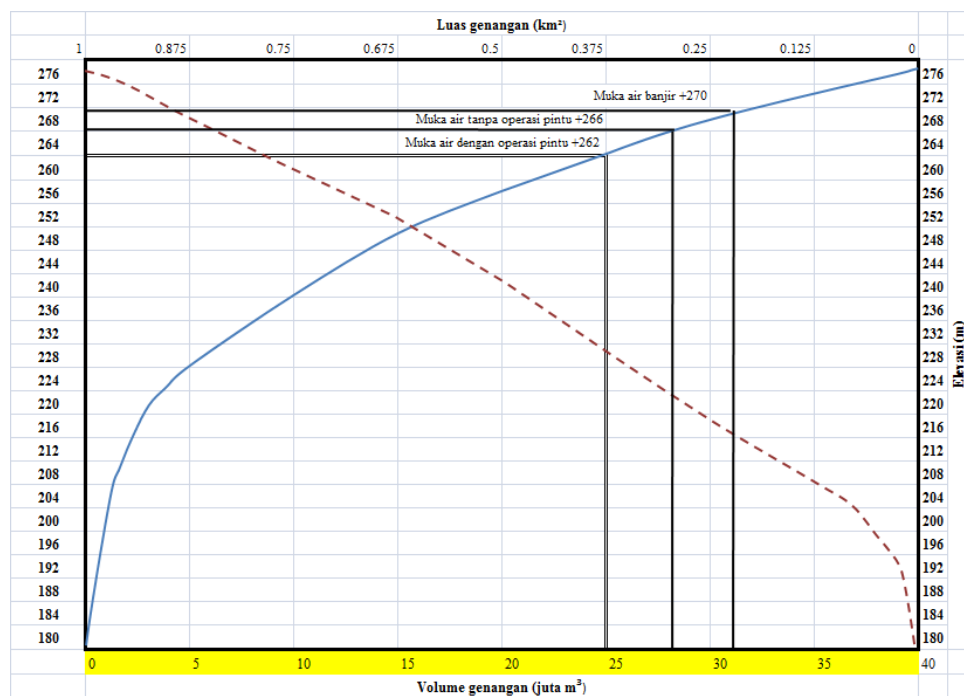
Gambar 4. 16 Denah Waduk Garang, warna biru adalah daerah genangan dan warna merah adalah daerah limpasan

Debit masukan (*inflow*) Waduk Garang berasal dari aliran air dari daerah tangkapannya dan debit keluaran (*outflow*) keluar dari pelimpah Waduk Garang yang melimpah secara otomatis tanpa pintu. Pengendalian banjir pada Waduk Garang berupa peredaman debit banjir dengan memanfaatkan luas genangan untuk menampung *inflow* pada saat banjir terjadi dan mengendalikan *outflow* melalui sistem pelimpah pada saat yang bersamaan. Perbandingan antara elevasi waduk, luas genangan, volume waduk dan debit keluaran waduk dari spillway terlampir. Volume genangan optimum didapat pada elevasi 266 meter. Karena Sungai Garang memiliki debit banjir rencana yang lebih besar dari Sungai Kreo

dan Sungai Kripik, serta direncana bendungan menggunakan tipe gravitasi beton. Konsep penelusuran banjir pada Waduk Garang menggunakan pintu pengatur pada spillway bendungan. Hal ini dilatarbelakangi karena Sub DAS Garang menyumbang debit banjir yang lebih besar dibanding Sub DAS - Sub DAS lainnya sehingga adanya pintu pengatur dapat memudahkan pengoperasian pengendalian banjir pada Waduk Garang. Pintu pengatur memiliki tinggi sebesar 4 meter dengan lebar sebesar 15 meter. Penelusuran banjir yang dianalisis adalah menggunakan dua model yaitu model dengan pintu dan model tanpa pintu.

- Model dengan pintu adalah pengoperasian pengendalian banjir dengan anggapan bahwa pada saat banjir terjadi, genangan dikosongkan terlebih dahulu melalui pintu sehingga elevasi waduk berada pada elevasi 262 meter.
- Model tanpa pintu adalah pengoperasian pengendalian banjir dengan anggapan bahwa pintu selalu tertutup sehingga elevasi genangan pada saat banjir terjadi berada pada elevasi 266 meter.

Pengendalian banjir pada penelitian ini menggunakan model a.). Model b.) digunakan untuk mengkaji hubungan antara luas genangan dengan efektifitas peredaman banjir.



Gambar 4. 17 Grafik hubungan antara elevasi, luas dan volume genangan Waduk Garang

HEC-HMS

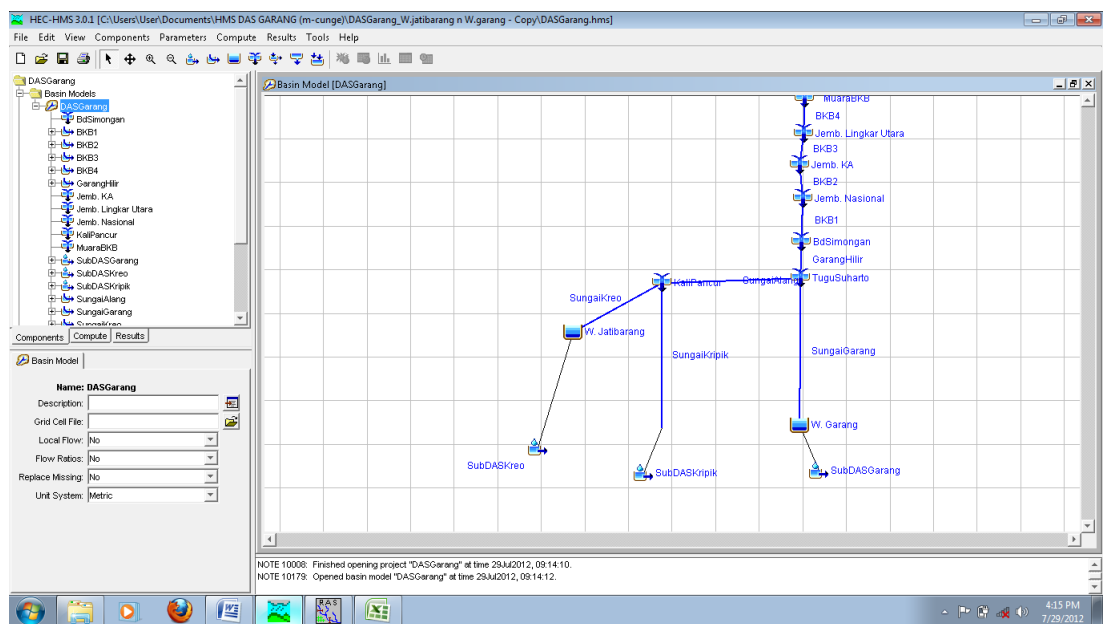
Penelusuran banjir dengan pendekatan hidrologi formula Muskingum Chungue pada skenario 2 langkah-langkahnya mirip dengan skenario 1, dengan modifikasi penggantian Waduk Mundingan menjadi Waduk Garang. Data elevasi, volume dan debit keluaran pada Waduk Garang dimasukkan ke dalam model dengan data terlampir. Khusus untuk Waduk Garang, karena kondisi geografinya memiliki tebing kiri dan kanan sungai yang curam dengan struktur batuan yang baik, dimungkinkan membangun bendungan dengan tipe beton meskipun dibutuhkan kajian tersendiri apakah bendungan beton tipe gravitasi layak atau tidak dibangun di lokasi tersebut. Dengan pertimbangan demikian, tipe material bendungan pada Waduk Garang ditetapkan bendungan beton tipe gravitasi. Mengingat berdasarkan analisis debit rencana, disebutkan bahwa Sub DAS Garang menyumbang debit terbesar dibandingkan Sub DAS Kreo dan Sub DAS Kripik, pada penelitian ini ditentukan bahwa Waduk Garang menggunakan pengoperasian pintu pada spillway. Elevasi mercu spillway adalah 260 meter, dengan pintu pengendali banjir setinggi 6 meter, pengoperasian pintu untuk pengendalian banjir adalah genangan dikosongkan pada elevasi mercu yaitu 260 meter kemudian pintu ditutup untuk penampungan volume air sehingga air baru akan melimpas setelah melewati elevasi 266 meter.

Untuk model dengan pengoperasian pintu, dari hasil penelusuran banjir dengan menggunakan perangkat lunak HEC-HMS debit banjir yang terjadi pada beberapa titik kontrol antara lain sebagai berikut:

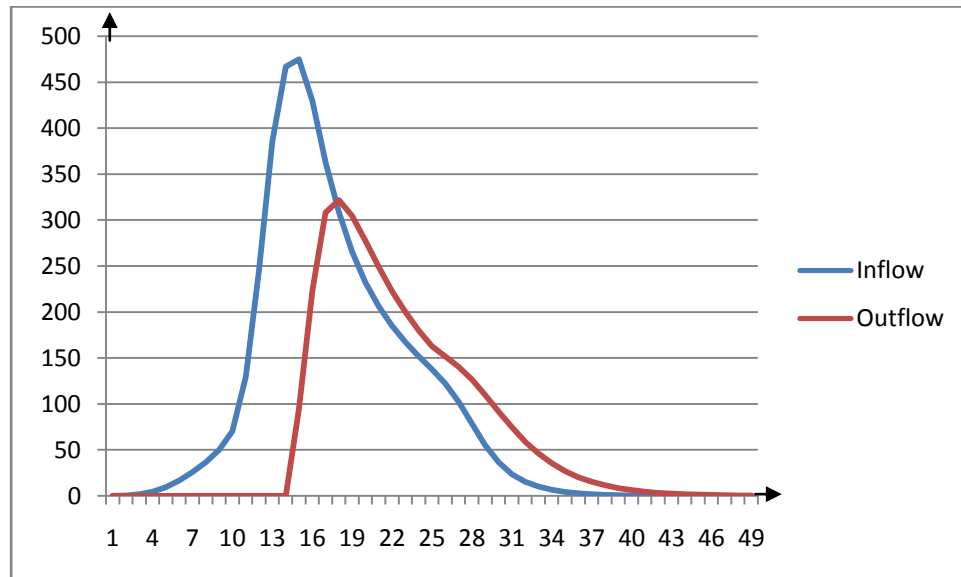
- Di Waduk Garang terjadi peredaman debit puncak banjir dimana semula debit puncak pada kondisi tanpa waduk adalah sebesar 474,786 m³/detik menjadi 321,49 m³/detik sehingga terjadi peredaman sebesar 153,30 m³/detik
- Di Tugu Suharto, debit banjir yang terjadi sebesar 782,85 m³/detik, dengan peredaman debit sebesar 446,54 m³/detik dibanding dengan kondisi eksisting
- Di Bendung Simongan, debit banjir yang terjadi sebesar 869,41 m³/detik, dengan peredaman debit sebesar 5,93 m³/detik dibanding dengan kondisi di Tugu Suharto

- Di Muara Banjir Kanal Barat, debit banjir yang terjadi sebesar 821,80 m³/detik, dengan peredaman debit sebesar 11,49 m³/detik dibanding dengan kondisi di Bendung Simongan

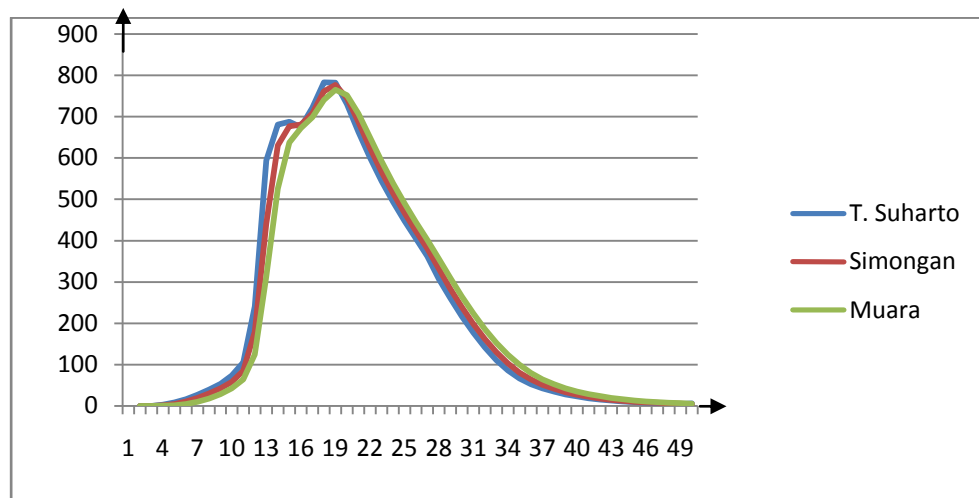
Untuk model tanpa pengoperasian pintu, dari hasil penelusuran banjir dengan menggunakan perangkat lunak HEC-HMS debit banjir yang terjadi di Tugu Suharto adalah sebesar **990,99 m³/detik** dan di muara Banjir Kanal Barat sebesar **953,49 m³/detik**. Sehingga peredaman banjir yang terjadi karena adanya Waduk Garang adalah sebesar **238,40 m³/detik** di Tugu Suharto.



Gambar 4. 18 Permodelan HEC-HMS pada Skenario 2



(a)



(b)

Gambar 4. 19 Grafik peredaman banjir skenario 2 pada lokasi Waduk Garang (a) dan di Tugu Suharto (b)

HEC-RAS

Langkah-langkah penelusuran Banjir dengan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS untuk skenario 1 mirip dengan permodelan kondisi eksisting. Bedanya adalah hidrograf masukan di Tugu Suharto pada 1 menggunakan hidrograf keluaran di Tugu Suharto hasil *running* dari perangkat lunak HEC-HMS skenario 2.

Pada kondisi pengendalian banjir dengan pengoperasian pintu, penelusuran banjir dengan pendekatan hidraulik dilakukan dengan bantuan perangkat lunak HEC-RAS. Dengan menggunakan hidrograf yang didapat dari hasil perhitungan

menggunakan HEC-HMS, pada kondisi dengan pengoperasian pintu, debit banjir yang terjadi di Tugu Suharto adalah sebesar **834,50 m³/detik** sedangkan di muara Banjir Kanal Barat sebesar **803,54 m³/detik**.

5.1.2 Penelusuran Banjir Skenario 3

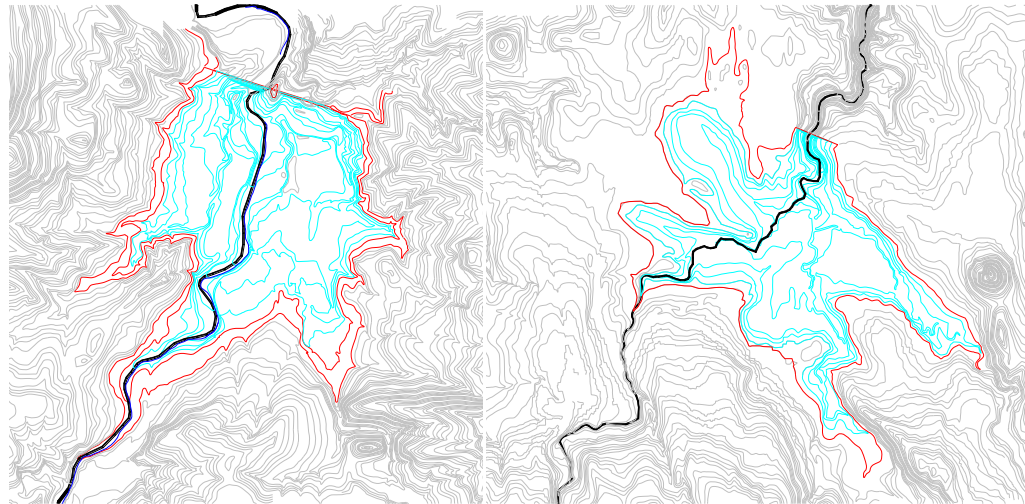
Sesuai dengan penjelasan di Bab 3, penelusuran banjir skenario 3 adalah dengan rencana adanya Waduk Kripik 1 dan Waduk Kripik 2 di Sub DAS Kripik. Waduk Kripik terletak di bagian hilir Sub DAS Kripik sedangkan Waduk Kripik 2 di bagian huluinya. Profil kedua waduk tersebut antara lain sebagai berikut :

Data Waduk Kripik 1

Nama Waduk	: Waduk Kripik 1
Tinggi bendungan	: 38 meter
Volume waduk	: 3,24 m ³ /detik
Lebar pelimpah	: 5 meter
Lebar pelimah darurat	: 20 meter
Elevasi pelimpah	: 56 meter
Elevasi pelimpah darurat	: 59 meter
Luas genangan	: 66,55 ha
Daerah tangkapan air	: 32,73 km ²

Data Waduk Kripik 2

Nama Waduk	: Waduk Kripik 2
Tinggi bendungan	: 33 meter
Volume waduk	: 4,81 m ³ /detik
Lebar pelimpah	: 12,5 meter
Elevasi pelimpah	: 266 meter
Luas genangan	: 117,54 ha
Daerah tangkapan air	: 13,84 km ²

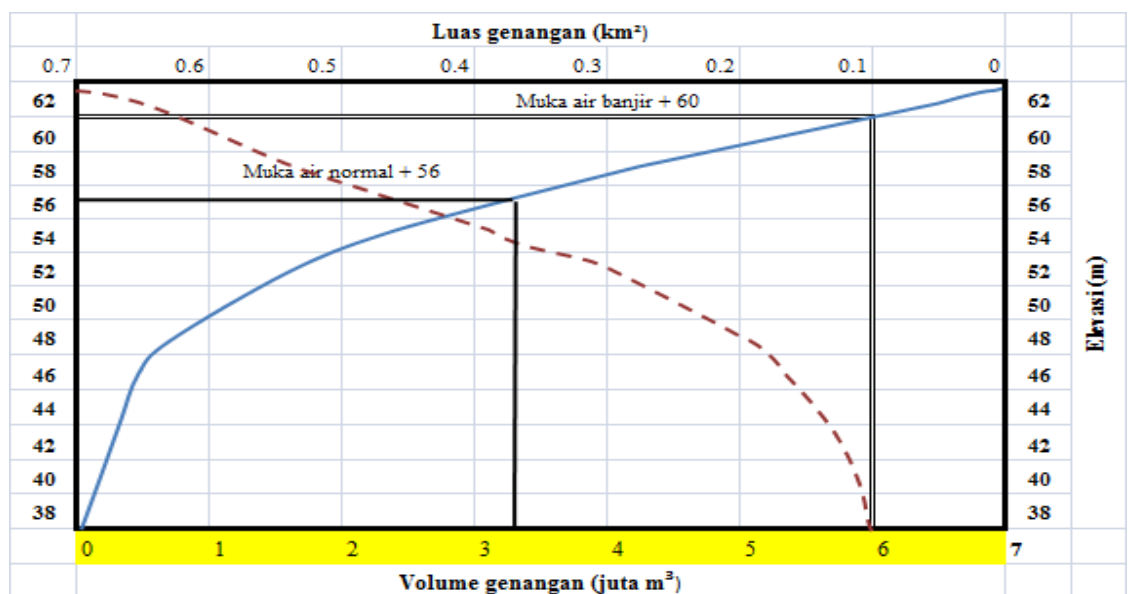


(a)

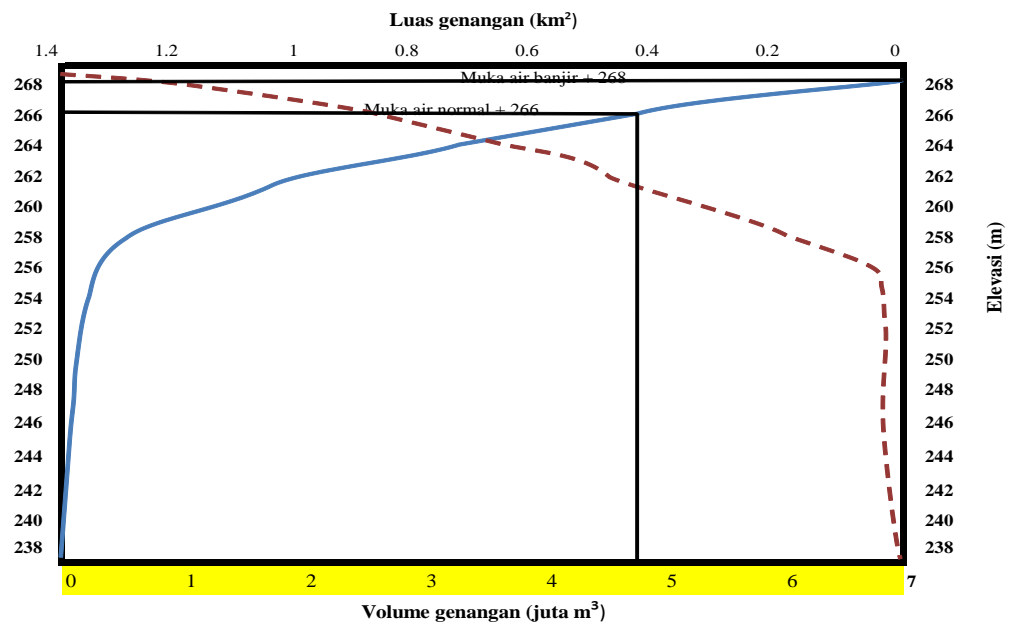
(b)

Gambar 4. 20 Denah Waduk Kripik 1 (a) dan Waduk Kripik 2 (b)

Debit masukan (inflow) Waduk Garang berasal dari aliran air dari daerah tangkapannya dan debit keluaran (outflow) keluar dari pelimpah Waduk Kripik 1 dan 2 yang melimpah secara otomatis tanpa pintu. Pengendalian banjir pada Waduk Kripik 1 dan 2 berupa peredaman debit banjir dengan memanfaatkan luas genangan untuk menampung *inflow* pada saat banjir terjadi dan mengendalikan *outflow* melalui sistem pelimpah pada saat yang bersamaan. Perbandingan antara elevasi waduk, luas genangan, volume waduk dan debit keluaran waduk dari spillway terlampir.



Gambar 4. 21 Grafik hubungan antara elevasi, luas dan volume genangan Waduk Kripik 1



Gambar 4.22 Grafik hubungan antara elevasi, luas dan volume genangan Waduk Kripik 2

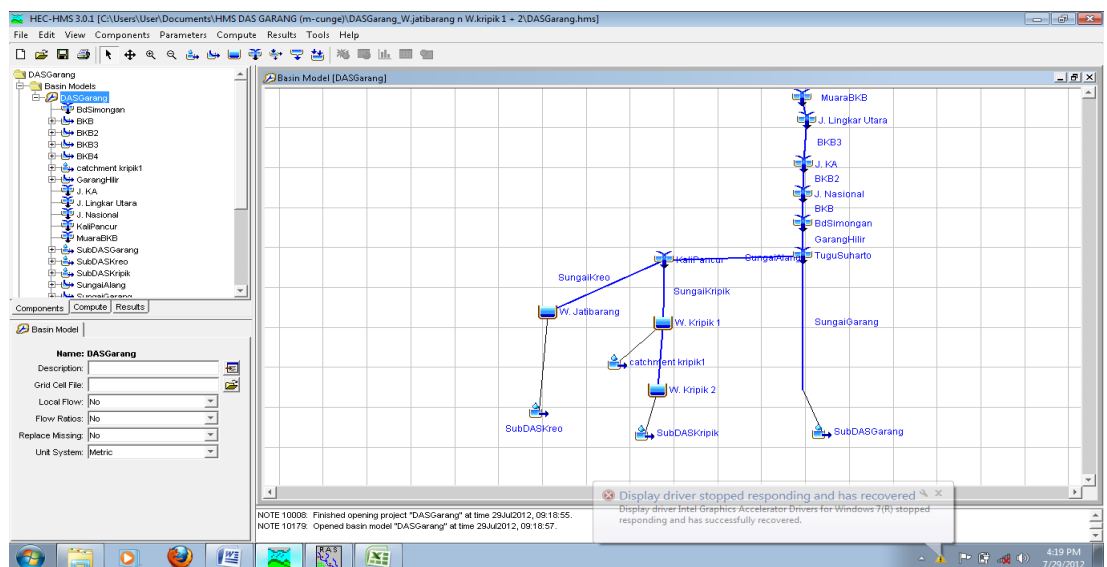
HEC-HMS

Penelusuran Banjir menggunakan perangkat lunak HEC-HMS dilakukan dengan langkah-langkah seperti pada penelusuran banjir kondisi eksisting dengan modifikasi penambahan Waduk Kripik 1 dan Kripik 2 di Sub DAS Kripik. Data Waduk Kripik 1 dan Waduk Kripik 2 yang perlu dimasukkan di dalam model antara lain data hubungan elevasi, volume dan debit keluaran Waduk Kripik 1 dan Waduk Kripik 2 yang terlampir pada daftar lampiran kajian ini. Elevasi mercu spillway untuk Waduk Kripik 1 setinggi 54 meter dan untuk Waduk Kripik 2 setinggi 264 meter.

Untuk model dengan pintu, dari hasil penelusuran banjir dengan menggunakan perangkat lunak HEC-HMS debit banjir yang terjadi di beberapa titik kontrol antara lain:

- Di Waduk Kripik 2 terjadi peredaman debit puncak banjir dimana semula debit puncak pada kondisi tanpa waduk adalah sebesar 128,99 m³/detik menjadi 67,04 m³/detik sehingga terjadi peredaman sebesar 61,95 m³/detik
- Di Waduk Kripik 1 terjadi peredaman debit puncak banjir dimana semula debit puncak pada kondisi tanpa waduk adalah sebesar 247,45 m³/detik menjadi 151,81 m³/detik sehingga terjadi peredaman sebesar 95,65 m³/detik

- Di Kali Pancur, debit banjir yang terjadi sebesar 529,13 m³/detik, dengan peredaman debit sebesar 71,17 m³/detik dibanding dengan kondisi eksisting
- Di Tugu Suharto, debit banjir yang terjadi sebesar 1.159,19 m³/detik, dengan peredaman debit sebesar 70,19 m³/detik dibanding dengan kondisi eksisting
- Di Bendung Simongan, debit banjir yang terjadi sebesar 1.126,14 m³/detik, dengan peredaman debit sebesar 33,05 m³/detik dibanding dengan kondisi di Tugu Suharto
- Di Muara Banjir Kanal Barat, debit banjir yang terjadi sebesar 1.079,50 m³/detik, dengan peredaman debit sebesar 46,64 m³/detik dibanding dengan kondisi di Bendung Simongan

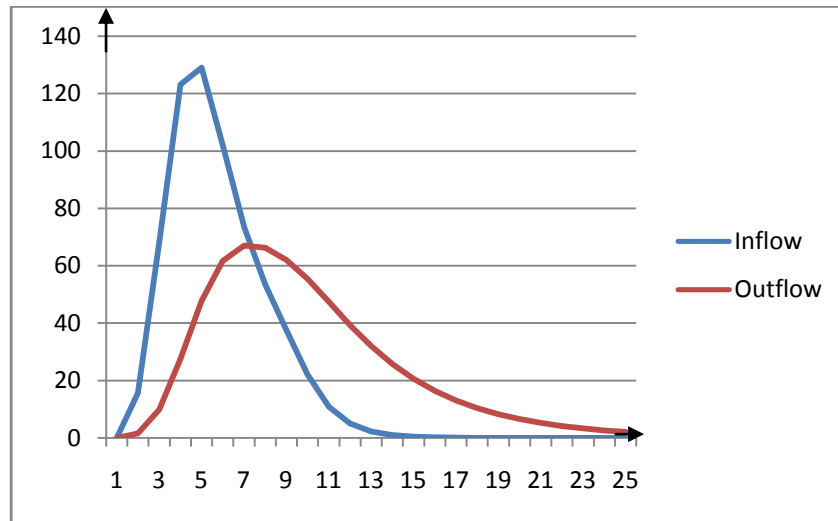


Gambar 4. 23 Permodelan HEC-HMS pada Skenario 3

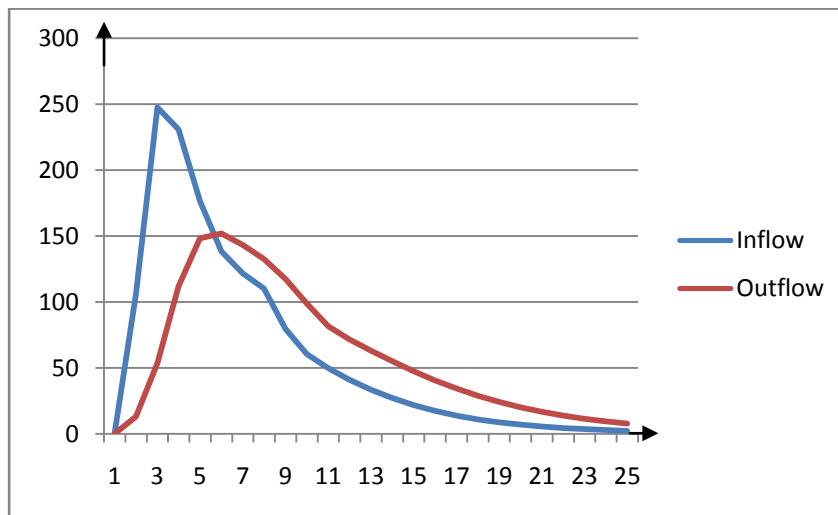
HEC-RAS

Langkah-langkah penelusuran Banjir dengan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS untuk skenario 1 mirip dengan permodelan kondisi eksisting. Bedanya adalah hidrograf masukan di Tugu Suharto pada 1 menggunakan hidrograf keluaran di Tugu Suharto hasil *running* dari perangkat lunak HEC-HMS skenario 3.

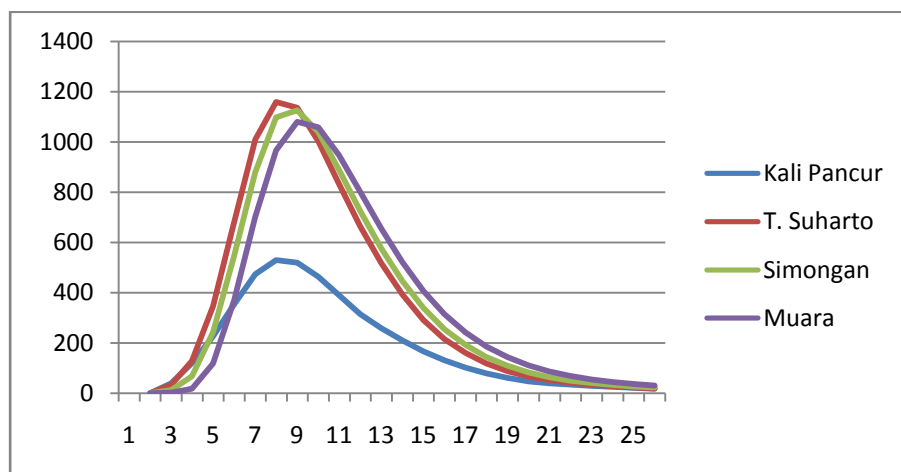
Penelusuran banjir dengan pendekatan hidraulik dilakukan dengan bantuan perangkat lunak HEC-RAS. Dengan menggunakan hidrograf yang didapat dari hasil perhitungan menggunakan HEC-HMS, debit banjir yang terjadi di Tugu Suharto adalah sebesar **1.147,57 m³/detik** sedangkan di muara Banjir Kanal Barat sebesar **1.089,22 m³/detik**.



(a)



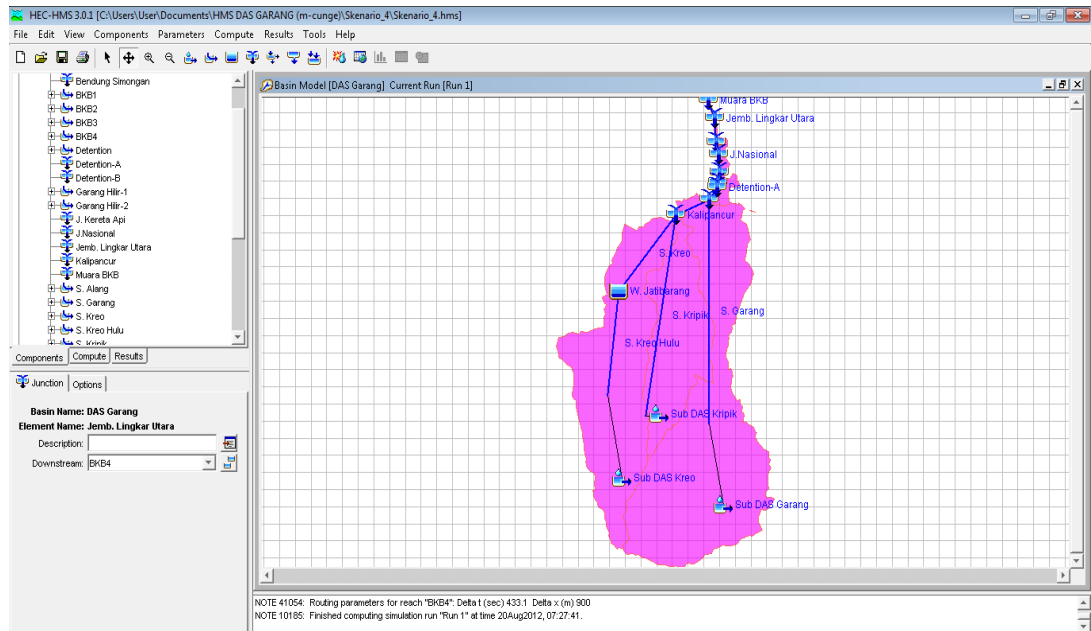
(b)



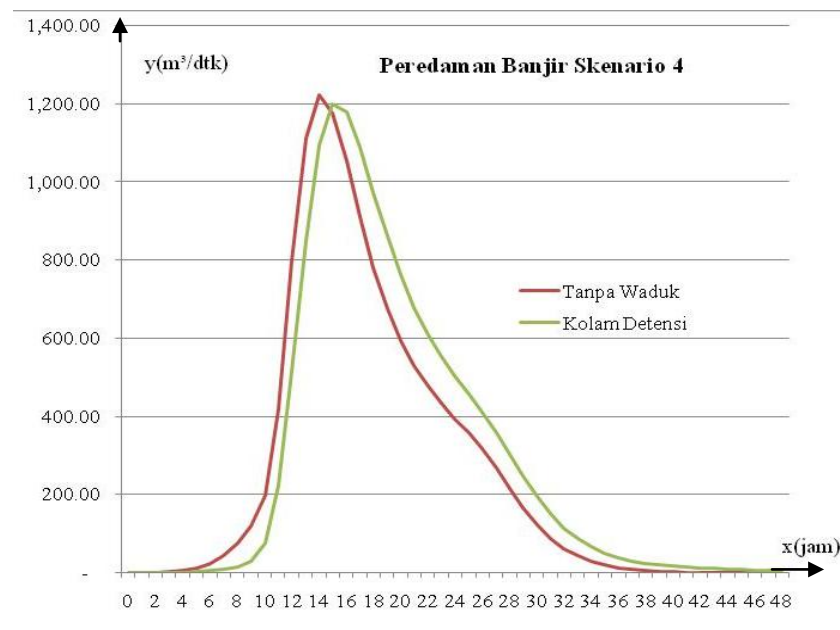
(c)

Gambar 4. 24 Grafik peredaman banjir pada Waduk Kripik 2 (a), Waduk Kripik 1 (b) dan Hidrograf banjir pada masing-masing titik kontrol

Dari hasil penelusuran banjir dengan menggunakan perangkat lunak HEC-HMS debit banjir yang terjadi di Tugu Suharto adalah sebesar **1.478,12 m³/detik** dan di muara Banjir Kanal Barat sebesar **1.314,08 m³/detik** sehingga terjadi peredaman banjir sebesar **30,39 m³/detik** di Muara Banjir Kanal Barat.



Gambar 4. 26 Model HEC-HMS Kolam Retensi



Gambar 4. 27 Peredaman banjir oleh Kolam Detensi di Muara Banjir Kanal Barat

4.4.5 Penelusuran Banjir Skenario 5

Sesuai dengan penjelasan di Bab 3, penelusuran banjir skenario 5 adalah dengan melebarkan dan meninggikan tanggul banjir di Banjir Kanal Barat. Total panjang Banjir Kanal Barat adalah sebesar 5.400 m dengan rencana Normalisasi Banjir Kanal yang dilakukan sebagai berikut :

- Dari Tugu Suharto hingga Bendung Simongan dasar saluran dilebarkan dari semula 40 meter menjadi 55 meter
- Dari Bendung Simongan - Jembatan Kereta Api, tidak dinormalisasi sepanjang 2.000 m
- Jembatan Kereta Api hingga Jembatan Lingkar Utara dinormalisasi dari lebar rata-rata semula sebesar 150 meter menjadi 200 meter sepanjang 2.500 m.
- Jembatan Lingkar Utara hingga muara dinormalisasi dari lebar rata-rata 150 meter hingga 250 meter sepanjang 900 meter.
- Jika diperlukan, tanggul eksisting ditinggikan hingga 1 meter

Berdasarkan simulasi HEC-RAS, debit banjir relatif sama namun kapasitas tampungan sungai menjadi lebih besar kurang lebih sebesar 100,63 m³/detik.

4.4.6 Hasil Penelusuran Banjir

Dari perhitungan kapasitas Banjir Kanal Barat berdasarkan simulasi HEC-RAS, saluran dapat mengalirkan debit banjir sebesar sekitar 700 m³/detik. Berdasarkan hasil penelusuran banjir yang telah dikaji di atas, kita dapat mentabelkan hasil masing-masing skenario sebagai berikut :

Tabel 4. 23 Hasil kajian peredaman banjir dengan HEC-HMS

Model	debit banjir jam-jaman (m ³ /detik)				
	Kali Pancur	Tugu Suharto	Simongan	Muara	Limpasan
Tanpa waduk	943.57	1,417.86	1,334.66	1,287.78	717.86
Waduk Jatibarang	600.30	1,229.39	1,181.38	1,144.36	529.39
Skenario 1 (Jatibarang+Mundungan)	358.80	884.83	869.41	820.82	184.83
Skenario 2 (Jatibarang+Garang)					
dengan pintu	600.30	782.85	776.92	765.43	82.85
tanpa pintu	600.30	979.08	961.90	943.55	279.08
Skenario 3 (Jatibarang+Kripik 1&2)	563.48	1,154.12	1,125.52	1,085.37	454.12
Skenario 4 (Jatibarang+Detensi)	600.30	1,417.86	1,347.43	1,314.08	717.86
Skenario 5 (Jatibarang+Normalisasi BKB)	600.30	1,417.86	1,239.45	1,198.13	717.86
Skenario 6(Jtbrg+Mdngn+Grng)	358.80	542.98	536.04	527.07	Aman
Semua	358.80	496.83	491.04	482.10	Aman

Sebagaimana kita ketahui, debit rencana periode ulang 100 tahun pada kondisi eksisting dengan memperhatikan keberadaan Waduk Jatibarang adalah sebesar 1.417,86 m³/detik, sedangkan kapasitas saluran di hilir sebesar 700 m³/detik, maka peredaman banjir yang dibutuhkan adalah sebesar **717,86 m³/detik**. Dengan demikian, perlu kombinasi antar skenario yang ada.

Dari penilaian efektifitas di atas dapat disimpulkan bahwa urutan efektifitas masing-masing skenario adalah skenario 2, skenario 1, skenario 4, skenario 3 dan skenario 5. Untuk mereduksi banjir hingga 788,12 m³/detik diperlukan kombinasi skenario sebagai berikut:

- **Skenario 6**

Skenario 6 adalah kombinasi dari skenario 1 dan 2 dimana pada skenario 6, kondisi eksisting yang mencakup adanya Waduk Jatibarang ditambah dengan adanya rencana pembuatan Waduk Mundingan dan Waduk Garang.

HEC-HMS

Penelusuran Banjir menggunakan perangkat lunak HEC-HMS dilakukan dengan langkah-langkah seperti pada penelusuran banjir kondisi eksisting dengan modifikasi penambahan Waduk Mundingan di Sub DAS Kreo dan Waduk Garang di Sub DAS Garang. Data hubungan elevasi, volume dan debit keluaran masing-masing waduk dimasukkan ke dalam model dengan perbandingan elevasi dan volume yang telah dijelaskan di atas.

Dari hasil penelusuran banjir dengan menggunakan perangkat lunak HEC-HMS debit banjir yang terjadi di beberapa titik kontrol antara lain sebagai berikut:

- Di Waduk Mundingan terjadi peredaman debit puncak banjir dimana semula debit puncak pada kondisi tanpa waduk adalah sebesar 427,45 m³/detik menjadi 152,631 m³/detik sehingga terjadi peredaman sebesar 274,81 m³/detik
- Di lokasi Waduk Jatibarang, akibat pengaruh Waduk Mundingan, debit puncak yang masuk ke Waduk Jatibarang adalah sebesar 70,224 m³/detik dan teredam menjadi 18,438 m³/detik
- Di Kali Pancur, debit banjir yang terjadi sebesar 358,70 m³/detik

- Di Waduk Garang terjadi peredaman debit puncak banjir dimana semula debit puncak pada kondisi tanpa waduk adalah sebesar 474,786 m³/detik menjadi 321,49 m³/detik sehingga terjadi peredaman sebesar 153,30 m³/detik
- Di Tugu Suharto, debit banjir yang terjadi sebesar 542,98 m³/detik, dengan peredaman debit sebesar 874,88 m³/detik dibanding dengan kondisi eksisting
- Di Bendung Simongan, debit banjir yang terjadi sebesar 536,04 m³/detik, dengan peredaman debit sebesar 6,94 m³/detik dibanding dengan kondisi di Tugu Suharto
- Di Muara Banjir Kanal Barat, debit banjir yang terjadi sebesar 527,07 m³/detik, dengan peredaman debit sebesar 8,97 m³/detik dibanding dengan kondisi di Bendung Simongan

- **Skenario 7**

Skenario 7 adalah kombinasi dari seluruh skenario, kondisi eksisting yang mencakup adanya Waduk Jatibarang ditambah dengan adanya rencana pembuatan Waduk Mundingan, Waduk Garang, Waduk Kripik 1, Waduk Kripik 2, Kolam Detensi Panjang dan Normalisasi Banjir Kanal Barat.

HEC-HMS

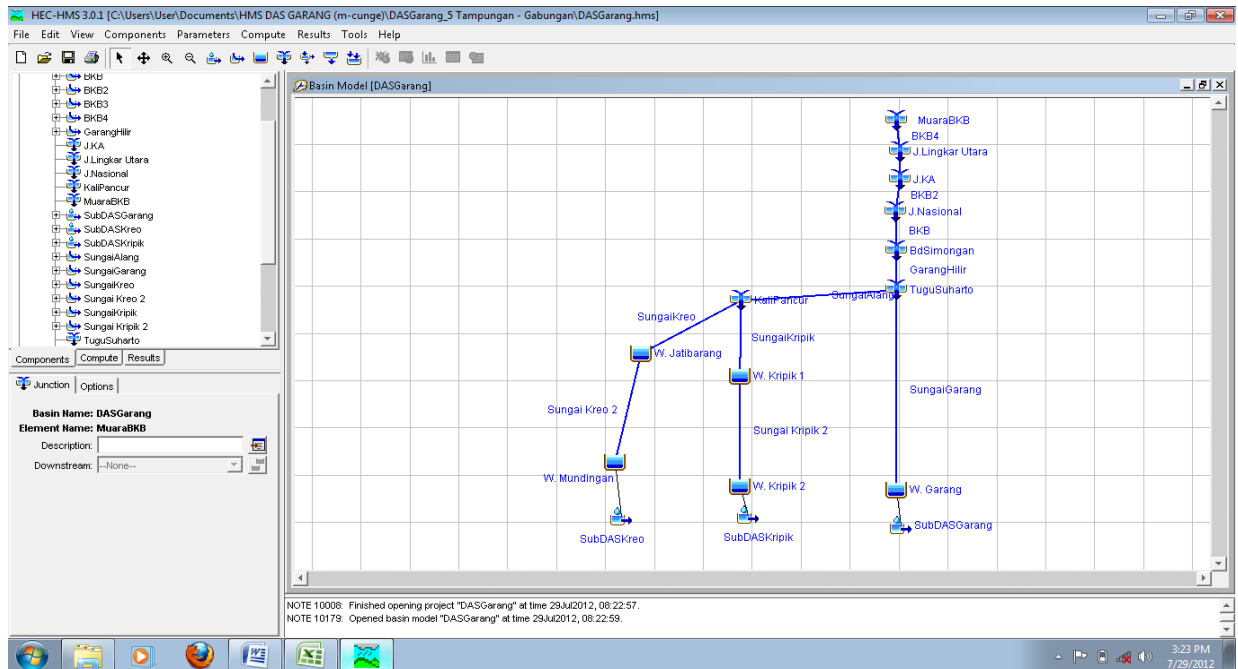
Penelusuran Banjir menggunakan perangkat lunak HEC-HMS dilakukan dengan langkah-langkah seperti pada penelusuran banjir kondisi eksisting dengan modifikasi penambahan Waduk Mundingan di Sub DAS Kreo, Waduk Garang di Sub DAS Garang, Waduk Kripik 1 dan Waduk Kripik 2 di Sub DAS Kripik, Kolam Detensi Panjang di Sungai Garang Hilir serta Normalisasi Banjir Kanal Barat. Data hubungan elevasi, volume dan debit keluaran masing-masing waduk dimasukkan ke dalam model dengan perbandingan elevasi dan volume yang telah dijelaskan di atas.

Dari hasil penelusuran banjir dengan menggunakan perangkat lunak HEC-HMS debit banjir yang terjadi di beberapa titik kontrol adalah sebagai berikut:

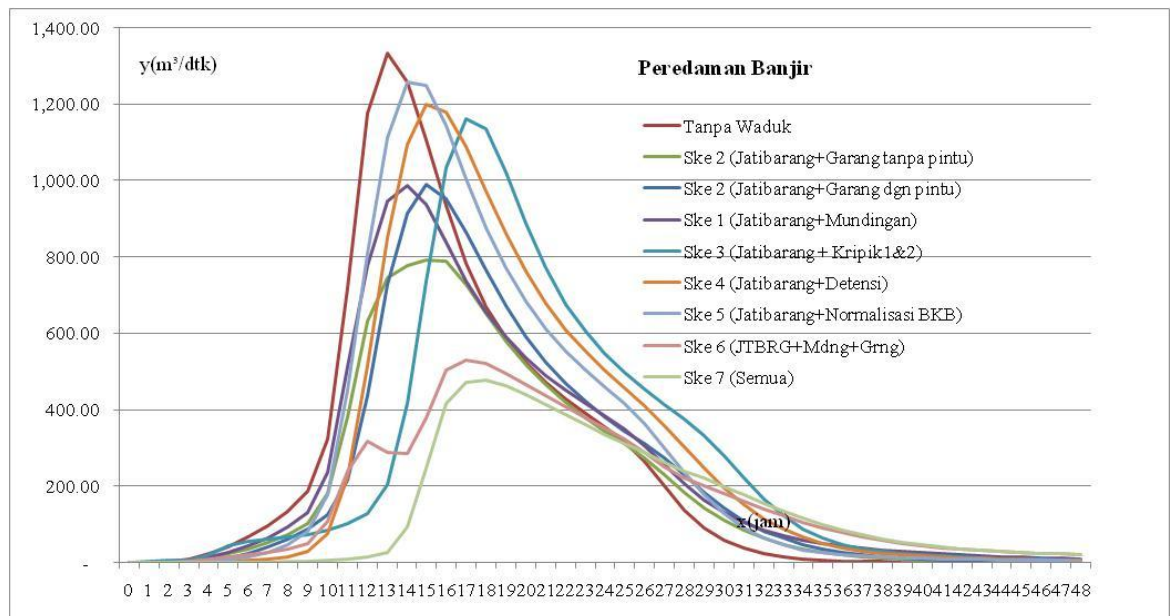
- Di Waduk Mundingan terjadi peredaman debit puncak banjir dimana semula debit puncak pada kondisi tanpa waduk adalah sebesar 427,45

m^3/detik menjadi $152,631 \text{ m}^3/\text{detik}$ sehingga terjadi peredaman sebesar $274,81 \text{ m}^3/\text{detik}$

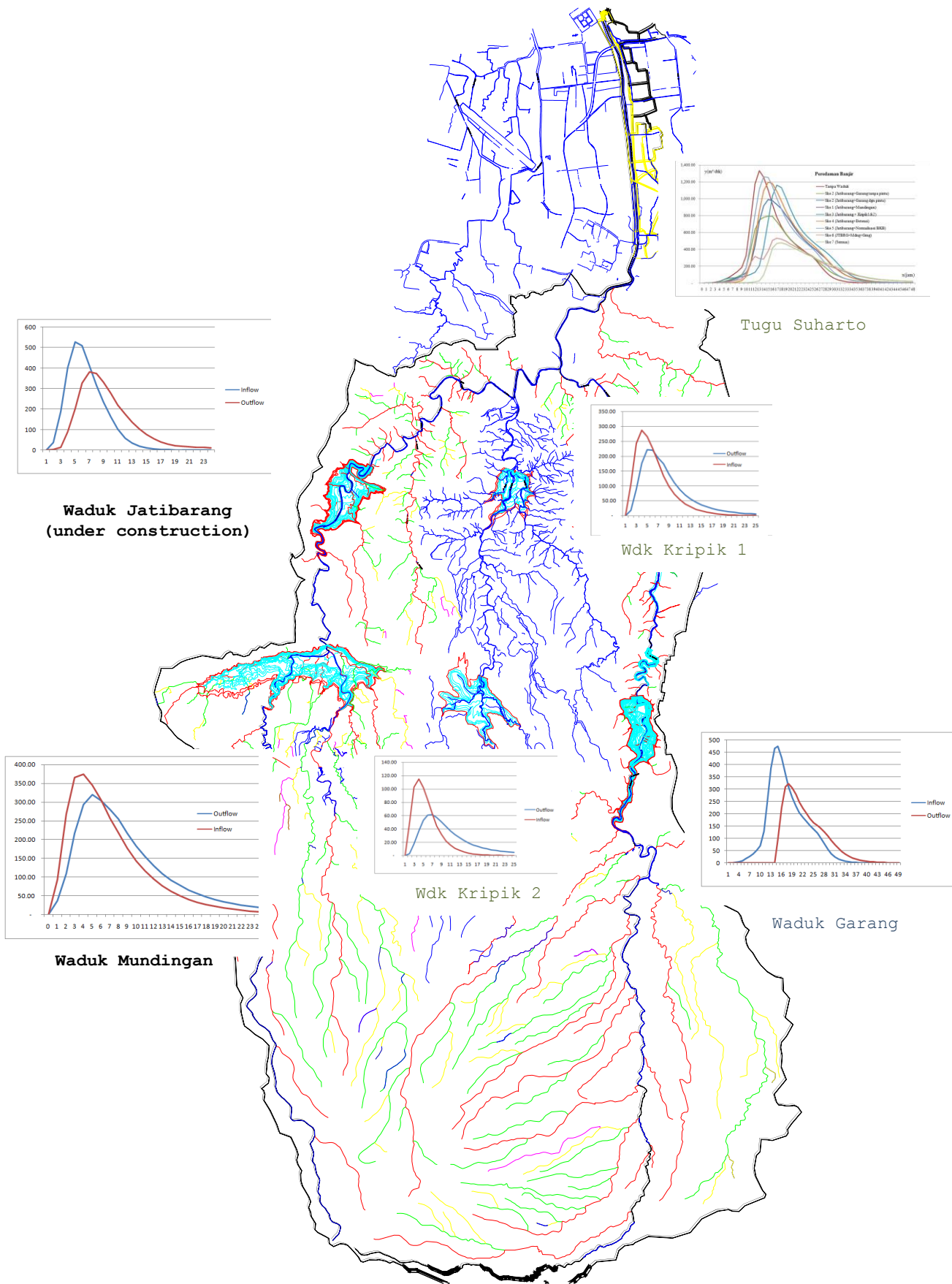
- Di lokasi Waduk Jatibarang, akibat pengaruh Waduk Mundingan, debit puncak yang masuk ke Waduk Jatibarang adalah sebesar $70,224 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan teredam menjadi $18,438 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Di Waduk Kripik 2 terjadi peredaman debit puncak banjir dimana semula debit puncak pada kondisi tanpa waduk adalah sebesar $173,31 \text{ m}^3/\text{detik}$ menjadi $77,24 \text{ m}^3/\text{detik}$ sehingga terjadi peredaman sebesar $96,07 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Di Waduk Kripik 1 terjadi peredaman debit puncak banjir dimana semula debit puncak pada kondisi tanpa waduk adalah sebesar $295,99 \text{ m}^3/\text{detik}$ menjadi $247,21 \text{ m}^3/\text{detik}$ sehingga terjadi peredaman sebesar $48,78 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Di Kali Pancur, debit banjir yang terjadi sebesar $192,98 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Di Waduk Garang terjadi peredaman debit puncak banjir dimana semula debit puncak pada kondisi tanpa waduk adalah sebesar $474,786 \text{ m}^3/\text{detik}$ menjadi $321,49 \text{ m}^3/\text{detik}$ sehingga terjadi peredaman sebesar $153,30 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Di Tugu Suharto, debit banjir yang terjadi sebesar $496,83 \text{ m}^3/\text{detik}$, dengan peredaman debit sebesar $921,03 \text{ m}^3/\text{detik}$ dibanding dengan kondisi eksisting
- Di Bendung Simongan, debit banjir yang terjadi sebesar $491,04 \text{ m}^3/\text{detik}$, dengan peredaman debit sebesar $5,79 \text{ m}^3/\text{detik}$ dibanding dengan kondisi di Tugu Suharto
- Di Muara Banjir Kanal Barat, debit banjir yang terjadi sebesar $482,10 \text{ m}^3/\text{detik}$, dengan peredaman debit sebesar $8,94 \text{ m}^3/\text{detik}$ dibanding dengan kondisi di Bendung Simongan



Gambar 4. 28 Permodelan HEC-HMS seluruh skenario



Gambar 4. 29 Hidrograf masing-masing skenario



Tabel 4. 24 Rekapitulasi hidrograf Debit puncak pada masing-masing waduk

Model	debit banjir 15 menitan (m ³ /detik)					
HMS	Tugu Suharto	Simongan	J.Nasional	J.KA	J. Lingkar Utara	Muara
Tanpa waduk	1,478.12	1,416.52	1,385.84	1,377.48	1,357.31	1,344.47
Waduk Jatibarang	1,261.51	1,236.36	1,221.83	1,218.23	1,206.67	1,200.83
Skenario 1 (Jatibarang+Mundungan)	907.33	890.84	880.62	877.98	869.98	866.26
Skenario 2 (Jatibarang+Garang)						
dengan pintu	847.19	826.71	817.73	815.43	808.51	808.11
tanpa pintu	979.08	961.90	953.33	950.89	944.06	943.55
Skenario 3 (Jatibarang+Kripi 1&2)	1,251.48	1,221.47	1,208.49	1,203.53	1,191.76	1,185.84
Skenario 4 (Jatibarang+Detensi)	1,478.12	1,347.43	1,337.52	1,332.33	1,321.30	1,314.08
Skenario 5 (Jatibarang+Normalisasi BKB)	1,478.12	1,239.45	1,231.05	1,226.82	1,211.35	1,198.13
Skenario 6 (Jtbrg+Mdngn+Grng)	542.98	536.04	532.69	531.43	528.47	527.07
Semua	496.83	491.04	487.72	486.44	483.73	482.10
RAS	Tugu Suharto	Simongan	J.Nasional	J.KA	J. Lingkar Utara	Muara
Tanpa waduk	1,475.05	1,361.49	1,350.54	1,346.58	1,334.70	1,320.67
Waduk Jatibarang	1,260.01	1,192.97	1,190.66	1,189.83	1,182.87	1,182.08
Skenario 1 (Jatibarang+Mundungan)	905.02	898.74	874.80	903.21	894.20	823.82
Skenario 2 (Jatibarang+Garang)						
dengan pintu	834.50	777.99	874.80	903.21	1,035.28	803.54
tanpa pintu	976.70	970.12	962.95	962.71	961.07	952.39
Skenario 3 (Jatibarang+Kripi 1&2)	1,255.78	1,198.48	1,187.42	1,183.36	1,170.95	1,158.26
Kolam Detensi Panjang						
Normalisasi BKB	1,478.12	1,416.52	1,385.84	1,377.48	1,357.31	1,344.47

4.5 Efektifitas Pengendalian Banjir terhadap Biaya serta Kajian Sosial dan Lingkungan

Efektifitas suatu penangan pengendalian banjir dalam bentuk skenario-skenario yang telah disusun dalam implementasinya di lapangan tidak bisa hanya mengaju pada kajian teknis saja, karena pada kenyataannya ada pertimbangan-pertimbangan lain yang diperlukan sebagai dasar pertimbangan layak atau tidaknya penanganan atau skenario tersebut dilaksanakan yang berujung pada efektifitas penanganan atau skenario tersebut. Pada penelitian ini, kajian yang ditinjau dalam kajian ekonomi serta kajian sosial dan lingkungan.

Kajian ekonomi ditinjau dari besarnya biaya masing-masing skenario. Referensi yang digunakan adalah pembiayaan konstruksi Bendungan Jatibarang di DAS Garang, Kota Semarang termasuk pembebasan lahan yang diperlukan. Namun mengingat banyak item pekerjaan yang ada didalamnya, secara garis besar, kajian biaya disederhanakan dan dikonversikan menjadi pekerjaan timbunan dan pekerjaan beton bertulang saja.

Kajian sosial dan lingkungan kare ditinjau dari aspek sosial dan lingkungan yang ada di sekitar skenario-skenario yang telah disusun. Untuk itu, masing-masing aspek perlu diberi skor. Beberapa hal antara lain sebagai berikut:

- Jumlah penduduk yang harus dipindahkan, koefisien 1
- Relokasi Tower listrik (tower, SUTET, SUTT dan Tower 20 kVA), koefisien 1,5
- Relokasi jembatan dan utilitas umum lainnya, koefisien 1,35
- Perlunya pembuatan infrastruktur baru dampak dari pelaksanaan skenario, koefisien 1,2

Tabel 4. 25 Penilaian kajian sosial dan lingkungan

No.	Permasalahan	1	2	3	4	5
1.	Relokasi penduduk (jiwa)	>1000	500 - 1000	250 - 500	50 - 250	< 50
2.	Relokasi tower listrik	-	SUTET	SUTT	20kVA	-
3.	Relokasi utilitas	Berat (>1buah)	Berat (1 buah)	Sedang	Kecil	Tidak ada
4.	Perlunya infrastruktur baru	Berat (>1buah)	Berat (1 buah)	Sedang	Kecil	Tidak ada

4.5.1 Kajian Ekonomi Waduk Jatibarang

Penelitian ini tidak membahas secara detail analisa ekonomi masing-masing infrastruktur yang dibangun, namun secara umumm efektifitas masing-masing infrastruktur dapat diterangkan ditinjau dari segi besarnya bangunan dan pembebasan lahan yang dibutuhkan. Referensi biaya secara umum diambil dari biaya pembuatan Waduk Jatibarang dan biaya pembebasan lahan. Untuk bendungan tipe timbunan tanah atau baut, seluruh biaya konsturksi dibagi dengan luas volume Bendungan Jatibarang yang dibangun sehingga didapat harga satuan per m³ material timbunan. Untuk bendungan dengan konstruksi beton, harga satuannya diambil dari biaya pembuatan spillway Waduk Jatibarang per m³. Biaya pembebasan tanah yang dibutuhkan secara umum diambil dari rata-rata biaya pembebasan tanah di Waduk Jatibarang per m². Sedangkan harga galian dan buangan hasil galian ditetapkan sebesar Rp. 75.000,-/m³.

Berdasarkan Kontrak Harga Satuan Pembangunan Bendungan Jatibarang, total biaya yang dibutuhkan adalah sebesar Rp. 595 milyar untuk membangun

bendungan tipe urugan sebesar 819.900 m³. Sehingga biaya Bendungan Jatibarang per m³ ditetapkan sebesar Rp. 726.000,-/m³. Biaya bendungan dengan konstruksi beton diambil dari harga pekerjaan beton yang mencakup spillway, terowongan dan pekerjaan beton lainnya, yang memiliki volume sebesar 70.440 m³, dengan biaya sebesar 98,5 milyar. Sehingga biaya konstruksi bendungan beton adalah sebesar Rp. 1.399.000,-/m². Luas tanah yang dibutuhkan untuk Waduk Jatibarang adalah sebesar 221 ha dengan biaya sebesar Rp. 181 milyar, sehingga biaya pembebasan tanah per ha ditetapkan sebesar Rp. 817.000,-/ha. Berikut ini rekapitulasi biaya satuan secara umum.

Tabel 4. 26 Konversi biaya pembangunan dari referensi Waduk Jatibarang

No.	Nama Pekerjaan	Biaya
1.	Bendungan tipe timbunan	Rp. 726.000,-/m ³
2.	Bendungan tipe beton	Rp. 1.399.000,-/m ²
3.	Pembebasan tanah	Rp. 82.000,-/m ²
4.	Pekerjaan Galian dan Buangan Hasil Galian	Rp. 75.000,-/m ³

Waduk Jatibarang, berdasarkan kajian penelusuran banjir di penelitian ini dapat mereduksi debit banjir sebesar **216,61 m³/detik** dengan biaya total sebesar **Rp.776 milyar**.

Dari segi kajian sosial dan lingkungan, penilaian pekerjaan pembangunan Bendungan Jatibarang adalah sebagai berikut :

- Relokasi penduduk : tidak ada, skor : 5
- Relokasi tower listrik : tower SUTT skor : 4,5
- Relokasi utilitas : kecil, skor : 6,75
- Pembuatan infrastruktur baru : tidak ada, skor : 6

Total skor untuk kajian sosial dan lingkungan adalah 27,25

4.5.2 Kajian Ekonomi Masing-masing Infrastruktur

Setelah ditetapkan harga satuan masing-masing, kita dapat menyusun kajian ekonomi dan efektifitas masing-masing infrastruktur, sebagai berikut :

1) Waduk Mundingan

Tipe bendungan = bendungan tipe urugan batu

Tinggi bendungan	= 35 meter
Panjang bendungan	= 235 meter
Volume bendungan	= 229.250 m ³
Volume waduk	= 29,174 juta m ³
Luas genangan	= 2.244.000 m ²
Luas Kebutuhan Lahan	= 3.047.000 m ²
Biaya	= Rp. 420 milyar
Reduksi banjir	= 570,79 m³/detik

Dari segi kajian sosial dan lingkungan, penilaian pekerjaan pembangunan Bendungan Mundingan adalah sebagai berikut :

- Relokasi penduduk : tidak ada, skor : 5
- Relokasi tower listrik : tower 20 kVA skor : 6
- Relokasi utilitas : kecil, skor :6,75
- Pembuatan ifrastruktur baru: tidak ada, skor : 6

Total skor untuk kajian sosial dan lingkungan adalah 23,75

2) Waduk Garang

Tipe bendungan	= bendungan tipe gravitasi beton
Tinggi bendungan	= 35 meter
Panjang bendungan	= 235 meter
Volume bendungan	= 229.250 m ³
Volume waduk	= 28,92 juta m ³
Luas genangan	= 855.000 m ²
Luas Kebutuhan Lahan	= 917.000 m ²
Biaya	= Rp. 553 milyar
Reduksi banjir	= 630,93 m³/detik

Dari segi kajian sosial dan lingkungan, penilaian pekerjaan pembangunan Bendungan Garang adalah sebagai berikut :

- Relokasi penduduk : tidak ada, skor : 5
- Relokasi tower listrik : tidak ada skor : 7,5
- Relokasi utilitas : kecil, skor :6,75
- Pembuatan ifrastruktur baru: tidak ada, skor : 6

Total skor untuk kajian sosial dan lingkungan adalah 25,25

3) Waduk Kripik 1

Tipe bendungan	= bendungan tipe urugan batu
Tinggi bendungan	= 25 meter
Panjang bendungan	= 390 meter
Volume bendungan	= 108.750 m ³
Volume waduk	= 3,24 juta m ³
Luas genangan	= 539.241 m ²
Luas Kebutuhan Lahan	= 665.484 m ²
Biaya	= Rp. 161,6 milyar

Waduk Kripik 2

Tipe bendungan	= bendungan tipe urugan batu
Tinggi bendungan	= 33 meter
Panjang bendungan	= 220 meter
Volume bendungan	= 159.720 m ³
Volume waduk	= 4,81 juta m ³
Luas genangan	= 89.351 m ²
Luas Kebutuhan Lahan	= 117.540 m ²
Biaya	= Rp. 212,3 milyar

Dari kedua waduk tersebut, debit banjir yang tereduksi adalah sebesar **226,64 m³/detik** dengan total biaya sebesar Rp. 373,9 milyar

Dari segi kajian sosial dan lingkungan, penilaian pekerjaan pembangunan Bendungan Kripik 1 dan Kripik 2 adalah sebagai berikut :

- Relokasi penduduk : 500 - 1.000 jiwa, skor : 2
- Relokasi tower listrik : tower 20 kVA skor : 6
- Relokasi utilitas : kecil, skor : 6,75
- Pembuatan ifrastruktur baru: tidak ada, skor : 6

Total skor untuk kajian sosial dan lingkungan adalah 20,75

4) Detensi Panjang

Tipe struktur	= kolam beton bertulang kedap air
dalam bangunan	= 7 meter

Volume kolam	= 85.000 m ³
Volume beton	= 10.861 m ³
Luas genangan	= 12.000 m ²
Luas Kebutuhan Lahan	= 100.000 m ²
Biaya	= Rp. 40 milyar
Reduksi banjir	= 30,39 m ³ /detik

Dari segi kajian sosial dan lingkungan, penilaian pekerjaan pembangunan Kolam Detensi adalah sebagai berikut :

- Relokasi penduduk : 60 orang, skor : 4
- Relokasi tower listrik : 20 kVA, skor : 6
- Relokasi utilitas : besar, skor : 2,7
- Pembuatan ifrastruktur baru: tidak ada, skor : 6

Total skor untuk kajian sosial dan lingkungan adalah 18,7

5) Pembuatan Tanggul dan Pelebaran Kanal Banjir

Volume galian	= 525.000 m ³
Volume beton	= 3.500 m ³
Volume bronjong	= 20.000 m ³
Biaya	= Rp. 130 milyar
Reduksi banjir	= 100,63 m ³ /detik

Namun efektifitas skenario ini perlu dikaji lebih dalam terkait dengan masalah sosial yang berujung pada kebutuhan biaya yang lebih besar terkait dengan beberapa jembatan yang perlu ditinggikan akibat peninggian tanggul serta dampak kemacetan lalu lintas yang ditimbulkannya.

Dari segi kajian sosial dan lingkungan, penilaian pekerjaan pembangunan Bendungan Garang adalah sebagai berikut :

- Relokasi penduduk : 75 jiwa, skor : 4
- Relokasi tower listrik : 20 kVA, skor : 6
- Relokasi utilitas : peninggian Jembatan Lingkar Utara, skor 1,35
- Pembuatan ifrastruktur baru: perlu pembuatan banyak polder, skor : 1,2

Total skor untuk kajian sosial dan lingkungan adalah 12,55

Tabel 4. 27 Penilaian efektifitas masing-masing skenario

Kondisi	Peredaman Banjir (m ³ /dtk)			Biaya (milyar Rp)	Efektifitas Biaya	Nilai Sosial Lingkungan
	Tugu Suharto	Muara BKB	Peredaman			
1	2	3	4	5	6 = 4/5	7
Tanpa waduk	1,478.12	1,344.47	-			
Kondisi eksisting (W. Jatibarang)	1,261.51	1,200.83	216.61	776.00	0.28	27,25
Skenario 1 (+ W. Mundingan)	907.33	866.26	570.79	1,196.00	0.48	23,75
Skenario 2 (+ W. Garang)	847.19	808.11	630.93	1,202.00	0.52	25,25
Skenario 3 (+ W. Kripik 1 & 2)	1,251.48	1,185.84	226.64	1,150.00	0.20	20,75
Skenario 4 (+ Kolam Retensi)	1,478.12	1,314.08	20.00	882.00	0.02	18,7
Skenario 5 (+ Normalisasi)	1,478.12	1,344.47	100.63	827.60	0.12	12,55
Skenario 6 (+ W. Mundingan + W. Garang)	542.98	527.07	935.14	1,622.00	0.58	23,75
Skenario 7 (Semua penanganan)	496.83	482.10	981.29	2,153.60	0.46	12,55

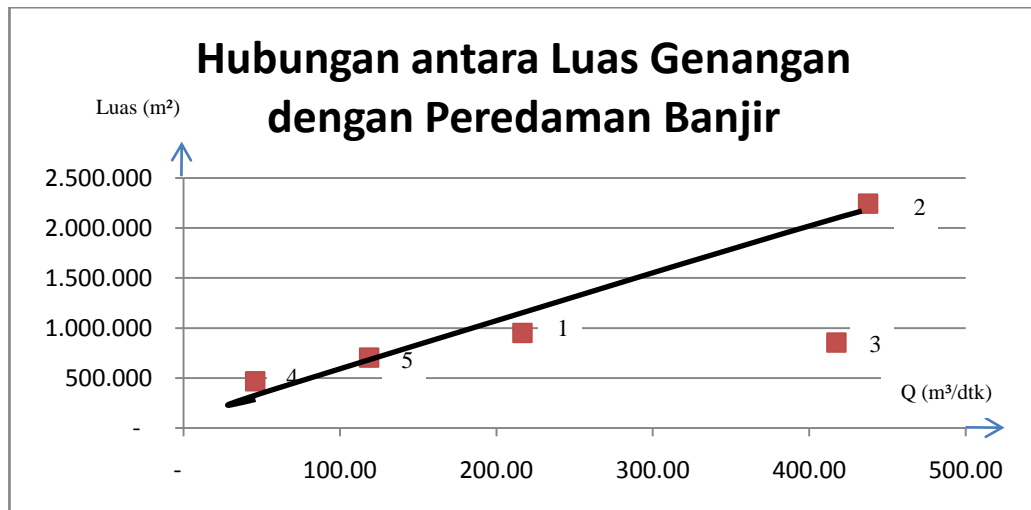
Dari hasil perhitungan efektifitas ketujuh skenario tersebut di atas, dapat disimpulkan bahwa skenario 6 adalah skenario yang paling efektif dalam mengendalikan banjir di DAS Garang karena setiap 1 milyar biaya yang diinvestasikan dapat menghasilkan peredaman debit sebesar 0,58 m³/detik atau lebih besar dari skenario-skenario lainnya.

4.6 Kajian Hubungan antara Luas Genangan dengan Efektifitas Pengendalian Banjir

Dari kelima waduk yang telah dikaji, kita dapat membuat hubungan antara luas genangan dengan efektifitas waduk dalam mengendalikan banjir. Agar kajian dapat dilaksanakan dengan proporsi yang baik, seluruh lebar spillway sebagai outlet waduk disamakan dengan lebar menjadi 15 meter, sehingga peredaman debit banjir pada beberapa waduk tidak sama dengan skenario semual. Perbandingan ini di diuraikan sebagai berikut :

- Waduk Jatibarang dengan luas genangan 110 ha dapat mereduksi banjir sebesar 216.61 m³/detik
- Waduk Mundingan dengan luas genangan 224 ha dapat mereduksi banjir sebesar 437.39 m³/detik
- Waduk Garang dengan luas genangan 85,5 ha dapat mereduksi banjir sebesar 417.24 m³/detik (kajian pengendalian banjir pada waduk ini diperlakukan sama dengan waduk yang lain, tanpa pengoperasian pintu)
- Waduk Kripik 1 dengan luas genangan 53,92 ha dapat mereduksi banjir sebesar 45.84 m³/detik

- Waduk Kripik 2 dengan luas genangan 66,55 ha dapat mereduksi banjir sebesar 118.59 m³/detik



Gambar 4. 30 Grafik hubungan antara luas genangan waduk dengan peredaman banjir pada Waduk Jatibarang (1), Waduk Mundingan (2), Waduk Garang (3), Waduk Kripik 1(4) dan Waduk Kripik 2 (5)

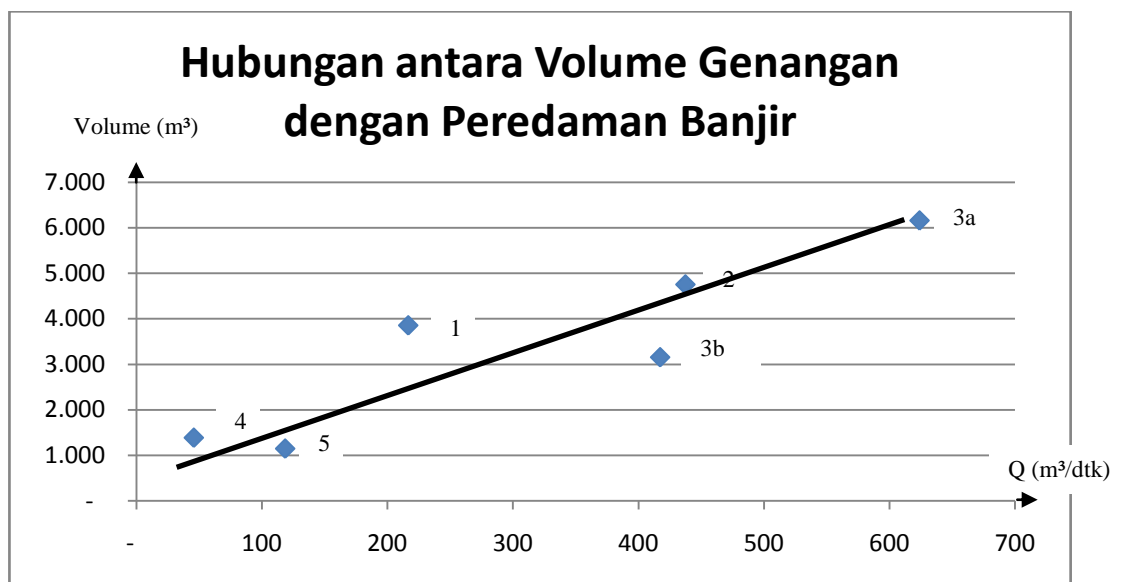
Dari grafik tersebut, dapat kita ketahui bahwa luas genangan pada suatu waduk memiliki kecenderungan yang berbanding lurus dengan besarnya peredaman banjir yang dihasilkan.

4.7 Kajian Hubungan antara Volume Genangan dengan Efektifitas Pengendalian Banjir

Dari kelima waduk yang telah dikaji, kita dapat membuat hubungan antara luas genangan dengan efektifitas waduk dalam mengendalikan banjir. Agar kajian dapat dilaksanakan dengan proporsi yang baik, seluruh lebar spillway sebagai outlet waduk disamakan dengan lebar menjadi 15 meter, sehingga peredaman debit banjir pada beberapa waduk tidak sama dengan skenario semual. Perbandingan ini di diuraikan sebagai berikut :

- Waduk Jatibarang dengan volume genangan 3.855,56 m³ dapat mereduksi banjir sebesar 216.61 m³/detik
- Waduk Mundingan dengan volume genangan 4.753,85 m³ dapat mereduksi banjir sebesar 437.39 m³/detik

- Waduk Garang dengan volume genangan 6.159,86 m³ dapat mereduksi banjir sebesar 623,86 m³/detik (kajian pengendalian banjir dengan pengoperasian pintu)
- Waduk Garang dengan volume genangan 3.155,13 m³ dapat mereduksi banjir sebesar 386,76 m³/detik (kajian pengendalian banjir dengan pengoperasian pintu)
- Waduk Kripik 1 dengan volume genangan 1.387,02 m³ dapat mereduksi banjir sebesar 45.84 m³/detik
- Waduk Kripik 2 dengan luas genangan 1.147,63 m³ dapat mereduksi banjir sebesar 118.59 m³/detik



Gambar 4. 31 Grafik hubungan antara luas genangan waduk dengan peredaman banjir pada Waduk Jatibarang (1), Waduk Mundingan (2), Waduk Garang dengan pengoperasian pintu (3a), Waduk Garang tanpa pengoperasian pintu (3b), Waduk Kripik 1(4) dan Waduk Kripik 2 (5)

Dari grafik tersebut, dapat kita ketahui bahwa volume genangan pada suatu waduk memiliki kecenderungan yang berbanding lurus dengan besarnya peredaman banjir yang dihasilkan.

Tabel 4. 28 Rekapitulasi hubungan antara luas genangan dan volume genangan terhadap peredaman banjir

Sampel	Peredaman Banjir (m ³ /dtk)	volume banjir (m ³)	volume tampungan (m ³)	luas (m ²)
Tanpa waduk				
Waduk Jatibarang	216.61	21,155.56	17,300.00	950,952.00
Waduk Mundingan	437.39	33,927.85	29,174.00	2,243,817.00
Waduk Garang				
tanpa pengoperasian pintu	386.76	32,071.13	28,916.00	854,827.79
dengan pengoperasian pintu	623.86	31,777.59	25,617.73	794,419.63
Kripik 1	45.84	3,771.32	2,384.29	468,258.92
Kripik 2	118.59	4,356.12	3,208.49	704,312.33

4.8 Kajian Hubungan antara Peredaman banjir dengan pendekatan hidrologi dan hidrolika

Hubungan antara kedua Metode

Metode Hidrologi menggunakan rumus Muskingum-Chunge, dimana peredaman terjadi melalui perubahan tampungan yang terjadi pada waduk dan penampang sungai terhadap waktu dengan rumus :

$$\frac{I1+I2}{2} - \frac{O1+O2}{2} = \frac{S2-S1}{\Delta t}$$

Metode Hidrolika menggunakan rumus aliran tidak tetap Saint-Venant, dimana peredaman debit banjir terjadi karena perubahan debit banjir terhadap ruang dan waktu dengan rumus sebagai berikut :

$$\frac{\partial(AV)}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} - q = 0 \quad (\text{persamaan konservasi masa})$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial x} + g \left(\frac{\partial h}{\partial x} + Sf \right) = 0 \quad (\text{persamaan momentum})$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial x} + g \frac{\partial y}{\partial x} - g(So - Sf) = 0 \quad (\text{persamaan hidraulik secara lengkap mencakup akselerasi lokal, akselerasi konvektif, gelombang kinematik dan gelombang dinamik})$$

Dimana,

x = jarak sepanjang sungai

t = waktu

A = penampang melintang sungai

V = kecepatan aliran

h = tinggi muka air

g = percepatan gravitasi

S_f = landai geser

q = aliran lateral

Berdasarkan referensi dari buku Hidrologi : Teori, Masalah dan Penyelesaian, Sri Harto, hubungan antara pendekatan hidrologi dan hidraulik dapat diuraikan jika pendekatan hidraulik mengabaikan akselerasi dan tekanan sehingga hanya menggunakan persamaan konservasi dan momentum sebagai berikut :

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \text{ dimana } S_o = S_f$$

Dengan memperhatikan rumus manning : $Q = 1/n \cdot AR^{2/3} S_o^{1/2}$ menjadi

$$Q = \frac{S_o^{1/2}}{nP^{2/3}} A^{5/3}$$

Berdasarkan Chow (1988), penguarian lebih lanjut sebagai berikut :

$$A = \alpha Q^\beta$$

$$A = \left(\frac{nP^{2/3}}{\sqrt{S_o}} \right)^{3/5} Q^{3/5} \text{ Sehingga } \alpha = \left(\frac{nP^{2/3}}{\sqrt{S_o}} \right)^{3/5} \text{ dan } \beta = 0,6$$

Dari persamaan kontinuitas dan momentum didapat:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \alpha \beta Q^{\beta-1} \left(\frac{\partial Q}{\partial t} \right) = q$$

Gelombang kinematik terjadi karena perubahan debit dapat dituliskan sebagai berikut :

$dQ = \frac{\partial Q}{\partial x} dx + \frac{\partial Q}{\partial t} dt$ dan apabila persamaan ini dibagi dengan dx maka menjadi :

$$\frac{dQ}{dx} + \frac{dt}{dx} \frac{\partial Q}{\partial t} = \frac{dQ}{dx}$$

Jika persamaan di atas diintegrasikan terhadap dx maka hasil integrasinya mirip dengan rumus Muskingum-Chunge :

$$\frac{I_1 + I_2}{2} - \frac{O_1 + O_2}{2} = \frac{S_2 - S_1}{\Delta t}$$

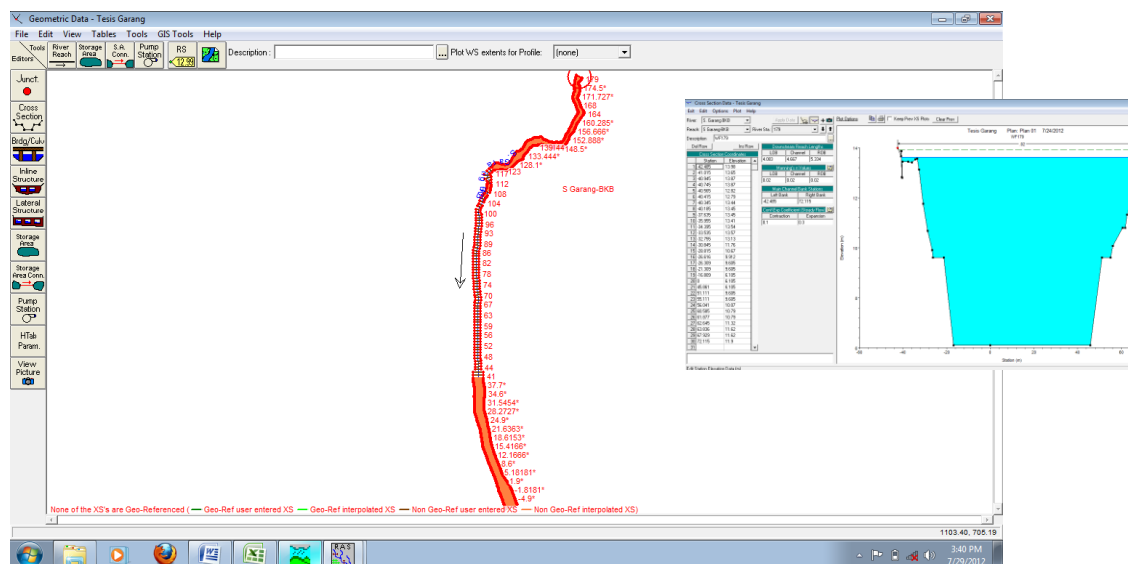
Dari uraian di atas kita dapat menarik kesimpulan bahwa dalam kajian penelusuran banjir, pendekatan hidrologis adalah penyederhanaan dari

pendekatan hidraulik dengan mengabaikan pengaruh akselerasi dan tekanan yang terjadi pada aliran air.

Tabel 4. 29 Hasil kajian penelusuran banjir dengan pendekatan hidrologi dan hidraulika

Kondisi	Pendekatan Hidrologi dengan HEC-HMS (m ³ /detik)			Pendekatan Hidraulik dengan HEC-RAS (m ³ /detik)		
	Tugu Suharto	Muara BKB	Peredaman	Tugu Suharto	Muara BKB	Peredaman
Tanpa waduk	1,478.12	1,344.47	133.65	1,475.05	1,320.67	154.38
Waduk Jatibarang	1,261.51	1,200.83	60.68	1,260.01	1,182.08	77.93
Waduk Garang						
dengan pengoperasian pintu	847.19	808.11	39.08	834.50	803.54	30.96
tanpa pengoperasian pintu	979.08	943.55	35.53	976.70	952.39	24.31
Waduk Kripih 1 dan 2	1,251.48	1,185.84	65.64	1,255.78	1,158.26	97.52

Dari penjabaran tabel di atas dapat disimpulkan bahwa, secara umum kajian penelusuran banjir dengan pendekatan hidraulik menghasilkan hasil kajian yang lebih efisien karena memperhitungkan akselerasi dan tekanan yang terjadi di dalam suatu aliran.



Gambar 4. 32 Permodelan HEC-RAS seluruh skenario

BAB V

KESIMPULAN

5.1. KESIMPULAN Kesimpulan

5.1.1 Karakteristik Hidrologi dan Hidraulik DAS Garang

DAS Garang memiliki luas DAS luasnya sekitar 200 km². Berdasarkan data curah hujan dengan distribusi Gumble, intensitas hujan rencana 100 tahun sebesar 361 mm dan dengan analisis debit banjir periode ulang 100 tahun menggunakan metode Gama-1, debit banjir rencana yang dihasilkan sebesar 1.478,12 m³/detik. Berdasarkan karakteristik geomorfologinya, DAS Garang terdiri dari 3 anak sungai utama di bagian hulu yang bergabung menjadi satu di Tugu Suharto dan mengalir ke utara sepanjang 9,2 km. Dengan debit sebesar itu mengalir ke satu sungai yaitu Sungai Garang atau Banjir Kanal Barat, dibutuhkan ketelitian dalam merencanakan pengendalian banjir di DAS tersebut jika ditinjau dari karakteristik hidrologinya.

Jika ditinjau dari sudut pandang hidraulik, secara umum kemiringan dasar sungai di DAS Garang dibagi menjadi dua bagian, yaitu di bagian hulu dan hilir. Kemiringan dasar sungai di bagian hulu nilainya berkisar antara 0,0578 sampai dengan 0,0626. Sedangkan kemiringan dasar sungai di bagian hilir sangat landai yaitu berkisar antara 0,00053 hingga 0,00045. Dengan kemiringan dasar saluran di hulu yang relatif sangat curam, tipikal banjir pada DAS Garang adalah banjir dengan pola rambatan yang cepat (*flash flood*). Hal ini dibuktikan dengan besarnya nilai debit banjir dari perhitungan analisis hidrologi.

5.1.2 Penelusuran Banjir

Hubungan penelusuran banjir dengan pendekatan hidrologi dan hidrolika

Penelusuran banjir dengan pendekatan hidrologi pada penelitian ini menggunakan rumus Muskingum-Chunge yang merepresentasikan perubahan masukan dan keluaran debit pada suatu tampungan dengan

perubahan volume tampungan terhadap waktu. Sedangkan pendekatan hidraulik menggunakan rumus Saint-Venant yang merepresentasikan persamaan konservasi masa, momentum, akselerasi dan tekanan hidraulik yang terjadi pada aliran air. Dengan mengabaikan akselerasi dan tekanan pada rumus Saint-Venant, kita dapat menarik kesimpulan bahwa pendekatan hidrologi dan hidraulik memiliki kemiripan sebagaimana telah dijelaskan pada Bab IV.

Hubungan luas genangan dengan efektifitas peredaman banjir

Kajian hubungan antara luas genangan waduk dengan peredaman banjir yang dihasilkan oleh waduk tersebut yang melalui outlet selebar 15 meter, dengan menggunakan sampel Waduk Jatibarang, Waduk Mundungan, Waduk Garang, Waduk Kripik 1 dan Waduk Kripik 2. Dari hasil kajian yang telah dipaparkan pada Bab IV, kita dapat menyimpulkan bahwa penambahan luas genangan secara umum berkecenderungan menambah peredaman banjir meskipun hubungan kedua parameter tersebut tidak linier garis lurus.

Hubungan volume genangan dengan efektifitas peredaman banjir

Kajian hubungan antara volume genangan waduk dengan peredaman banjir yang dihasilkan oleh waduk tersebut yang melalui outlet selebar 15 meter, dengan menggunakan sampel Waduk Jatibarang, Waduk Mundungan, Waduk Garang, Waduk Kripik 1 dan Waduk Kripik 2. Volume tersebut dihitung dari selisih volume waduk pada saat banjir dengan volume waduk sebelum terjadi banjir. Dari hasil kajian yang telah dipaparkan pada Bab IV, kita dapat menyimpulkan bahwa penambahan volume genangan secara umum berkecenderungan menambah peredaman banjir meskipun hubungan kedua parameter tersebut tidak linier garis lurus.

5.1.3 Efektifitas Pengendalian Banjir

Efektifitas Peredaman Banjir

Berdasarkan skenario kondisi eksisting dan kelima skenario yang telah disusun, dapat disimpulkan bahwa kelima skenario tersebut yang paling efektif adalah skenario dua yaitu kondisi eksisting dengan adanya Waduk Jatibarang dengan ditambah pembuatan Waduk Garang di Sub DAS

Garang. Namun skenario tersebut tidak dapat mengendalikan debit banjir periode ulang 100 tahun sehingga dibutuhkan kombinasi-kombinasi skenario antara Skenario 1 dan Skenario 2, yaitu dengan memanfaatkan keberadaan Waduk Jatibarang dan menambah pembuatan Waduk Mundingan di hulu Sub DAS Garang dan Waduk Garang.

Efektifitas Biaya dan Sosial Lingkungan

Kajian efektifitas biaya disederhanakan dengan mengacu pada referensi pembangunan Bendungan Jatibarang dan biaya pembebasan lahannya serta permasalahan sosial lingkungan yang dihadapi pada proyek tersebut sebagaimana telah diuraikan pada Bab IV. Dari hasil kajian efektifitas peredaman banjir, biaya, sosial dan lingkungan ditabelkan sebagai berikut dengan catatan Skenario 5 tidak meredam banjir namun menambah kapasitas tampungan BKB sekitar 200 m³/detik.

5.2 Saran

- 1) Masing-masing DAS memiliki karakteristik geomorfologi, hidrologi dan hidraulik yang berbeda sehingga penelitian ini tidak berlaku secara umum di setiap DAS namun dapat digunakan sebagai referensi
- 2) Data hidrologi yang lebih panjang dan lebih akurat dibutuhkan untuk mempertajam kajian efektifitas pengendalian banjir di suatu DAS
- 3) Penambahan sampel dan referensi yang lebih banyak dapat meningkatkan keakuratan hubungan antara efektifitas peredaman banjir dan biaya serta hubungan antara luas genangan, volume genangan dan peredaman banjir pada suatu tampungan
- 4) Perlu dilakukan kajian yang lebih mendalam mengenai hubungan antara penelusuran banjir dengan pendekatan hidrologi dan hidraulik dengan meneliti rumus dan parameter lainnya serta dengan menambah sampel penelitian

DAFTAR PUSTAKA

- ⊙ Balai Besar Wilayah Sungai Pemali-Juana, 2008, *Review Design of Integrated and Water Resources and Flood Management Project for Semarang*, Semarang
- ⊙ BR, Sri Harto, 2000, *Hidrologi, Teori-Masalah-Penyelesaian*, Nafiri, Yogyakarta
- ⊙ BR, Sri Harto, 2001, *Analisis Kepekaan Hidrograf Satuan Sintetik Gama I dalam Penentuan Debit Banjir Rancangan*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta
- ⊙ Chow, Ven Te, 1955, *Open-Channel Hydraulics*, Erlangga, Jakarta
- ⊙ JICA, 1993, *The Masterplan of the Water Resource Development and Feasibility Study For Urgent Flood Control and Urban Drainage In Semarang City and Suburbs*, Semarang
- ⊙ JICA, 2000, *The Detailed Design of Flood Control, Urban Drainage and Water Resources in Semarang in the Republic of Indonesia*, Semarang
- ⊙ JICA, 2005, *Special Assistance for Project Formation*, Semarang
- ⊙ JICA, 2008, *Review Detailed Design of Integrated Water Resources and Flood Management Project for Semarang*, Semarang
- ⊙ McGraw-Hill, 1999, *Hydraulic Design Handbook*, American Water Works Association, Florida
- ⊙ SNVT Pembangunan Waduk Jatibarang, 2011, *Detail Desain Muara Banjir Kanal Barat*, Semarang
- ⊙ SNVT Pembangunan Waduk Jatibarang, 2011, *Survei Investigasi dan Desain Hulu DAS Garang*, Semarang
- ⊙ Sturm, Terry W., 2010, *Open Channel Hydraulics*, McGraw-Hill International Edition, New York
- ⊙ Wikipedia, The Free Encyclopedia, *flash flood*

DAFTAR LAMPIRAN

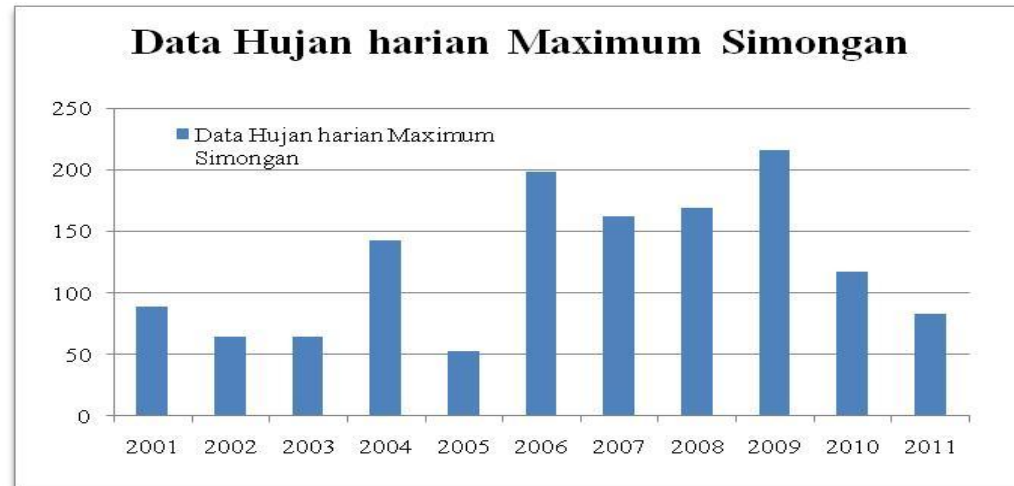
Lamp.1 Data Curah Hujan Harian di Stasiun Simongan**Hujan maksimum bulanan Sta.Simongan**

Tahun	Curah Hujan Maximum (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Des
2001	72.35	44.34	20.40	88.51	20.81	72.75	30.57	0.00	25.32	47.69	38.34	11.23
2002	35.28	64.94	52.28	39.67	20.51	13.97	3.08	1.00	0.00	6.70	18.74	18.43
2003	21.20	37.11	64.59	27.44	18.04	0.67	0.17	0.25	20.14	51.23	37.82	47.92
2004	80.20	142.75	41.53	41.71	17.67	16.31	2.26	0.00	0.00	0.92	17.53	17.23
2005	30.11	18.08	51.41	52.66	9.95	22.62	29.67	26.34	15.55	43.99	32.39	40.14
2006	198.00	94.00	78.00	90.00	38.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	108.00	110.00
2007	58.00	44.00	83.00	32.00	45.00	0.00	0.00	8.00	0.00	132.00	0.00	162.00
2008	164.00	169.00	129.00	0.00	34.00	62.00	0.00	66.00	72.00	99.00	0.00	98.00
2009	93.00	216.00	25.00	49.00	61.00	99.00	12.00	24.00	69.00	14.00	87.00	128.00
2010	0.00	110.00	80.00	55.00	73.00	55.00	19.00	28.00	58.00	52.00	45.00	117.00
2011	80.00	67.00	22.00	79.00	33.00	47.00	40.00	0.00	60.00	17.00	83.00	0.00
Jumlah	832.14	1007.22	647.21	554.99	370.98	389.32	136.75	153.59	320.01	466.53	467.82	749.95

Sumber : Perhitungan, 2011

**Data Hujan harian Maximum
Simongan**

No	Tahun	Curah Hujan Max (mm)
1	2001	89
2	2002	65
3	2003	65
4	2004	143
5	2005	53
6	2006	198
7	2007	162
8	2008	169
9	2009	216
10	2010	117
11	2011	83



Data Curah Hujan Harian di Stasiun Sumur Jurang

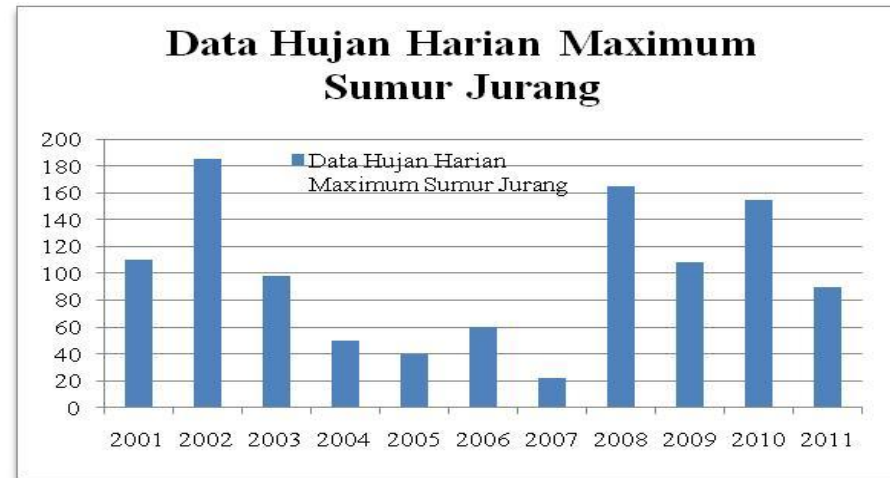
Hujan maksimum bulanan Sta.Sumur Jurang

Tahun	Curah Hujan Maximum (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Des
2001	108.00	65.00	77.00	110.00	27.00	65.00	20.00	13.00	25.00	56.00	60.00	80.00
2002	185.00	157.00	43.00	95.00	47.00	3.00	19.00	0.00	5.00	9.00	38.00	67.00
2003	93.00	98.00	70.00	67.00	40.00	13.00	0.00	8.00	60.00	60.00	31.00	85.00
2004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.00	40.00	50.00	50.00
2005	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	15.00	30.00	30.00	40.00
2006	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.00	60.00
2007	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00	15.00	22.00	22.00
2008	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.00	0.00	0.00	165.00	57.00
2009	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.00	18.00	51.00	108.00
2010	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	22.00	30.00	155.00	0.00
2011	51.00	25.00	14.00	31.00	25.00	13.00	5.00	0.00	90.00	23.00	33.00	0.00
Jumlah	437.00	345.00	204.00	303.00	139.00	94.00	44.00	59.00	262.00	281.00	644.00	569.00

Sumber : Perhitungan, 2011

Data Hujan Harian Maximum
Sumur Jurang

No	Tahun	Curah Hujan Max (mm)
1	2001	110
2	2002	185
3	2003	98
4	2004	50
5	2005	40
6	2006	60
7	2007	22
8	2008	165
9	2009	108
10	2010	155
11	2011	90



Data Curah Hujan Harian di Stasiun Ungaran

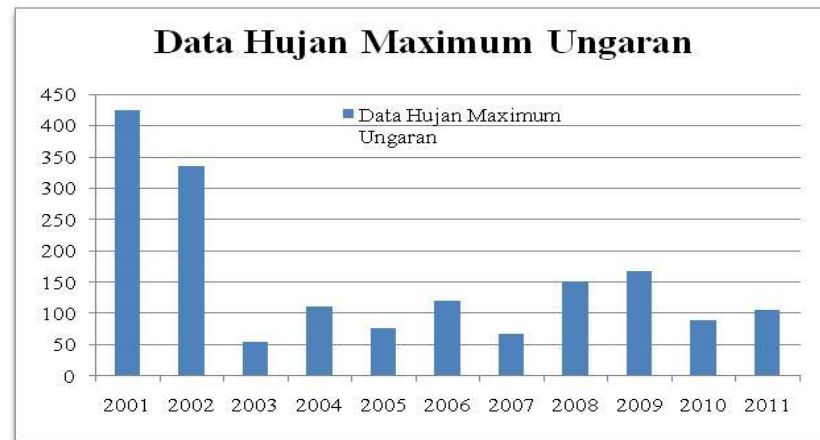
Hujan maksimum bulanan Sta.Ungaran

Tahun	Curah Hujan Maximum (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Des
2001	57.00	36.00	80.00	425.00	11.00	19.00	0.00	0.00	13.00	28.00	39.00	75.00
2002	132.00	112.00	27.00	45.00	11.00	5.00	12.00	0.00	0.00	20.00	37.00	335.00
2003	38.00	55.00	25.00	50.00	16.00	8.00	0.00	0.00	32.00	11.00	21.00	27.00
2004	39.00	112.00	43.00	11.00	9.00	5.00	2.00	2.00	2.00	3.00	4.00	47.00
2005	38.00	28.00	34.00	57.00	7.00	43.00	32.00	47.00	36.00	70.00	37.00	77.00
2006	0.00	0.00	0.00	49.00	41.00	8.00	0.00	0.00	0.00	15.00	33.00	121.00
2007	20.00	34.00	44.00	22.00	15.00	24.00	0.00	21.00	0.00	29.00	31.00	68.00
2008	151.00	47.00	62.00	75.00	19.00	15.00	1.00	24.00	22.00	52.00	54.00	56.00
2009	167.00	85.00	38.00	40.00	76.00	138.00	9.00	0.00	33.00	26.00	45.00	72.00
2010	89.00	28.00	53.00	61.00	85.00	37.00	12.00	33.00	47.00	63.00	86.00	80.00
2011	105.00	75.00	63.00	47.00	31.00	9.00	7.00	0.00	84.00	41.00	60.00	63.00
Jumlah	836.00	612.00	469.00	882.00	321.00	311.00	75.00	127.00	269.00	358.00	447.00	1021.00

Sumber : Perhitungan, 2011

Data Hujan Maximum Ungaran

No	Tahun	Curah Hujan Max (mm)
1	2001	425
2	2002	335
3	2003	55
4	2004	112
5	2005	77
6	2006	121
7	2007	68
8	2008	151
9	2009	167
10	2010	89
11	2011	105



Lamp. 2 Tabel uji konsistensi RAPS**Nilai $Q/n^{0.5}$ dan $R/n^{0.5}$**

n	Q/n^{0.5}			R/n^{0.5}		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1.05	1.14	1.29	1.21	1.28	1.38
20	1.1	1.22	1.42	1.34	1.43	1.6
30	1.12	1.24	1.48	1.4	1.5	1.7
40	1.14	1.27	1.52	1.44	1.55	1.78
100	1.17	1.29	1.55	1.5	1.62	1.85
	1.22	1.36	1.63	1.62	1.75	2

(Sumber: Sri Harto, 1993: 168)

Lamp. 3 Tabel distribusi Gumble

n	Yn	Sn
10	0.4952	0.9496
11	0.4996	0.9676
12	0.5035	0.9833
13	0.5070	0.9971
14	0.5100	1.0095
15	0.5128	1.0206
16	0.5157	1.0316
17	0.5181	1.0411
18	0.5202	1.0493
19	0.5220	1.0565
20	0.5236	1.0628
21	0.5252	1.0696
22	0.5268	1.0754
23	0.5283	1.0811
24	0.5296	1.0864
25	0.5309	1.0915
26	0.5320	1.0961
27	0.5332	1.1004
28	0.5343	1.1047
29	0.5353	1.1086
30	0.5362	1.1124
31	0.5371	1.1159
32	0.5380	1.1193
33	0.5388	1.1226
34	0.5396	1.1255
35	0.5402	1.1285
36	0.5410	1.1313
37	0.5418	1.1339
38	0.5424	1.1363
39	0.5430	1.1388
40	0.5436	1.1413
41	0.5442	1.1436
42	0.5448	1.1458
43	0.5453	1.1480
44	0.5458	1.1499
45	0.5463	1.1519
46	0.5468	1.1538
47	0.5473	1.1557
48	0.5477	1.1574
49	0.5481	1.1590
50	0.5485	1.1607
51	0.5489	1.1623
52	0.5493	1.1638
53	0.5497	1.1658
54	0.5501	1.1667
55	0.5504	1.1681

n	Yn	Sn
56	0.5508	1.1696
57	0.5511	1.1708
58	0.5515	1.1721
59	0.5518	1.1734
60	0.5521	1.1747
61	0.5524	1.1759
62	0.5527	1.1770
63	0.5530	1.1782
64	0.5533	1.1793
65	0.5535	1.1803
66	0.5538	1.1814
67	0.5540	1.1824
68	0.5543	1.1834
69	0.5545	1.1844
70	0.5548	1.1854
71	0.5550	1.1863
72	0.5552	1.1873
73	0.5555	1.1881
74	0.5557	1.1890
75	0.5559	1.1898
76	0.5561	1.1906
77	0.5563	1.1915
78	0.5565	1.1923
79	0.5567	1.1930
80	0.5569	1.1938
81	0.5570	1.1945
82	0.5572	1.1953
83	0.5574	1.1959
84	0.5576	1.1967
85	0.5578	1.1973
86	0.5580	1.1980
87	0.5581	1.1987
88	0.5583	1.1994
89	0.5585	1.2001
90	0.5586	1.2007
91	0.5587	1.2013
92	0.5589	1.2020
93	0.5591	1.2026
94	0.5592	1.2032
95	0.5593	1.2038
96	0.5595	1.2044
97	0.5596	1.2049
98	0.5598	1.2055
99	0.5599	1.2060
100	0.5600	1.2065

Lamp. 4 Tabel Nilai Faktor Frekuensi (k) Sebagai Fungsi Dari Nilai CV

Koefisien Variasi (CV)	Peluang Kumulatif P(%) : $P(X \leq X)$					
	50	80	90	95	98	99
	Periode Ulang (Tahun)					
	2	5	10	20	50	100
0.05	-0.0250	0.8334	1.2965	1.6863	2.1341	2.4570
0.10	-0.0496	0.8222	1.3078	1.7247	2.2130	2.5489
0.15	-0.0738	0.8085	1.3156	1.7598	2.2899	2.2607
0.20	-0.0971	0.7926	1.3200	1.7911	2.3640	2.7716
0.25	-0.1194	0.7746	1.3209	1.8183	2.4318	2.8805
0.30	-0.1406	0.7647	1.3183	1.8414	2.5015	2.9866
0.35	-0.1604	0.7333	1.3126	1.8602	2.5638	3.0890
0.40	-0.1788	0.7100	1.3037	1.8746	2.6212	3.1870
0.45	-0.1957	0.6870	1.2920	1.8848	2.6731	3.2799
0.50	-0.2111	0.6626	1.2778	1.8909	2.7202	3.3673
0.55	-0.2251	0.6379	1.2613	1.8931	2.7613	3.4488
0.60	-0.2375	0.6129	1.2428	1.8915	2.7971	3.5211
0.65	-0.2185	0.5879	1.2226	1.8866	2.8279	3.3930
0.70	-0.2582	0.5631	1.2011	1.8786	2.8532	3.3663
0.75	-0.2667	0.5387	1.1784	1.8677	2.8735	3.7118
0.80	-0.2739	0.5118	1.1548	1.8543	2.8891	3.7617
0.85	-0.2801	0.4914	1.1306	1.8388	2.9002	3.8056
0.90	-0.2852	0.4686	1.1060	1.8212	2.9071	3.8137
0.95	-0.2895	0.4466	1.0810	1.8021	2.9103	3.8762
1.00	-0.2929	0.4254	1.0560	1.7815	2.9098	3.9035

Sumber : Soewarno, 1995

Tabel Distribusi Log Pearson III untuk Koefisien Kemencengan (Cs)

Koefisien	Waktu Balik (Tahun)														
	1.01	1.05	1.11	1.25	1.667	2	2.5	5	10	20	25	50	100	200	1000
Cs	Peluang (%)														
	99	95	90	80	60	50	40	20	10	5	4	2	1	0.5	0.1
3.0	-0.667	-0.665	-0.660	-0.636	-0.4760	-0.396	-0.1240	0.420	1.180	2.0950	2.278	3.152	4.051	4.970	7.250
2.5	-0.799	-0.790	-0.771	-0.711	-0.4770	-0.360	-0.0673	0.518	1.250	2.0933	2.262	3.048	3.845	4.652	6.600
2.2	-0.905	-0.882	-0.844	-0.752	-0.4707	-0.330	-0.0287	0.574	1.284	2.0807	2.240	2.970	3.705	4.444	6.200
2.0	-0.990	-0.949	-0.895	-0.777	-0.4637	-0.307	-0.0017	0.609	1.302	2.0662	2.219	2.912	3.605	4.298	5.910
1.8	-1.087	-1.020	-0.945	-0.799	-0.4543	-0.282	0.0263	0.643	1.318	2.0472	2.193	2.848	3.499	4.147	5.660
1.6	-1.197	-1.093	-0.994	-0.817	-0.4417	-0.254	0.0557	0.675	1.329	2.0240	2.163	2.780	3.388	3.990	5.390
1.4	-1.318	-1.168	-1.041	-0.832	-0.4273	-0.225	0.0850	0.705	1.337	1.9962	2.128	2.706	3.271	3.828	5.110
1.2	-1.449	-1.243	-1.086	-0.844	-0.4113	-0.195	0.1140	0.732	1.340	1.9625	2.087	2.626	3.149	3.661	4.820
1.0	-1.588	-1.317	-1.128	-0.852	-0.3933	-0.164	0.1433	0.758	1.340	1.9258	2.043	2.542	3.022	3.489	4.540
0.9	-1.660	-1.353	-1.147	-0.854	-0.3833	-0.148	0.1577	0.769	1.339	1.9048	2.018	2.498	2.957	3.401	4.395
0.8	-1.733	-1.388	-1.116	-0.856	-0.3733	-0.132	0.1720	0.780	1.336	1.8877	1.998	2.453	2.891	3.312	4.250
0.7	-1.806	-1.423	-1.183	-0.857	-0.3630	-0.116	0.1860	0.790	1.333	1.8613	1.967	2.407	2.824	3.223	4.105
0.6	-1.880	-1.458	-1.200	-0.857	-0.3517	-0.099	0.2007	0.800	1.328	1.8372	1.939	2.359	2.755	3.132	3.960
0.5	-1.955	-1.491	-1.216	-0.856	-0.3407	-0.083	0.2140	0.808	1.323	1.8122	1.910	2.311	2.686	3.041	3.815
0.4	-2.029	-1.524	-1.231	-0.855	-0.3290	-0.066	0.2280	0.816	1.317	1.7862	1.880	2.261	2.615	2.949	3.670
0.3	-2.104	-1.555	-1.245	-0.853	-0.3177	-0.050	0.2413	0.824	1.309	1.7590	1.849	2.211	2.544	2.856	3.525
0.2	-2.178	-1.586	-1.258	-0.850	-0.3053	-0.033	0.2547	0.830	1.301	1.7318	1.818	2.159	2.472	2.763	3.380
0.1	-2.252	-1.616	-1.270	-0.846	-0.2933	-0.017	0.2673	0.836	1.292	1.7028	1.785	2.107	2.400	2.670	3.235
0.0	-2.326	-1.645	-1.282	-0.842	-0.2807	0.000	0.2807	0.842	1.282	1.6728	1.751	2.054	2.326	2.576	3.090
-0.1	-2.400	-1.673	-1.292	-0.836	-0.2673	0.017	0.2900	0.836	1.270	1.6417	1.716	2.000	2.252	2.482	2.950
-0.2	-2.472	-1.700	-1.301	-0.830	-0.2547	0.033	0.3053	0.850	1.258	1.6097	1.680	1.945	2.178	2.388	2.810
-0.3	-2.544	-1.726	-1.309	-0.824	-0.2413	0.050	0.3177	0.853	1.245	1.5767	1.643	1.890	2.104	2.294	2.675
-0.4	-2.615	-1.750	-1.317	-0.816	-0.2280	0.066	0.3290	0.855	1.231	1.5435	1.606	1.834	2.029	2.201	2.540
-0.5	-2.686	-1.774	-1.323	-0.808	-0.2140	0.083	0.3407	0.856	1.216	1.5085	1.567	1.777	1.955	2.108	2.400
-0.6	-2.755	-1.797	-1.328	-0.800	-0.2007	0.099	0.3517	0.857	1.200	1.4733	1.528	1.720	1.880	2.016	2.275
-0.7	-2.824	-1.819	-1.333	-0.790	-0.1860	0.116	0.3630	0.857	1.183	1.4372	1.488	1.663	1.806	1.926	2.150
-0.8	-2.891	-1.839	-1.336	-0.780	-0.1720	0.132	0.3733	0.856	1.166	1.4010	1.448	1.606	1.733	1.837	2.035
-0.9	-2.957	-1.858	-1.339	-0.769	-0.1577	0.148	0.3833	0.854	1.147	1.3637	1.407	1.549	1.660	1.749	1.910
-1.0	-3.022	-1.877	-1.340	-0.758	-0.1433	0.164	0.3933	0.852	1.128	1.3263	1.366	1.492	1.588	1.664	1.800
-1.2	-3.149	-1.910	-1.340	-0.732	-0.1140	0.195	0.4113	0.844	1.086	1.2493	1.282	1.379	1.449	1.501	1.625
-1.4	-3.271	-1.938	-1.337	-0.705	-0.0850	0.225	0.4273	0.832	1.041	1.1718	1.198	1.270	1.318	1.351	1.465
-1.6	-3.388	-1.962	-1.329	-0.675	-0.0557	0.254	0.4417	0.817	0.994	1.0957	1.116	1.166	1.197	1.216	1.280
-1.8	-3.499	-1.981	-1.318	-0.643	-0.0263	0.282	0.4543	0.799	0.945	1.0200	1.035	1.069	1.087	1.097	1.130
-2.0	-3.605	-1.996	-1.302	-0.600	0.0047	0.307	0.4637	0.777	0.895	0.9483	0.959	0.980	0.990	0.995	1.000
-2.2	-3.705	-2.006	-1.284	-0.574	0.0287	0.330	0.4707	0.752	0.844	0.8807	0.888	0.900	0.905	0.907	0.910
-2.5	-3.845	-2.012	-1.250	-0.518	0.0673	0.360	0.4770	0.711	0.771	0.7893	0.793	0.798	0.799	0.800	0.802
-3.0	-4.051	-2.003	-1.180	-0.420	0.1240	0.396	0.4760	0.636	0.660	0.6650	0.666	0.666	0.667	0.667	0.668

Dikutip dari Ir. CD. Soemarto, B.I.E. Dipl. HE / Hidrologi Teknik

Lamp. 5 Nilai Variabel Reduksi Gumbel

T (Tahun)	Peluang (P)	Y
1.0010	0.0010	-1.9300
1.0050	0.0050	-1.6700
1.0100	0.0100	-1.5300
1.0500	0.0500	-1.0970
1.1100	0.1000	-0.8340
1.2500	0.2000	-0.4760
1.3300	0.2500	-0.3260
1.4300	0.3000	-0.1850
1.6700	0.4000	0.0870
2.0000	0.5000	0.3660
2.5000	0.6000	0.6710
3.3300	0.7000	1.0300
4.0000	0.7500	1.2400
5.0000	0.8000	1.5100
10.0000	0.9000	2.2500
20.0000	0.9500	2.9700
50.0000	0.9800	3.9000
100.0000	0.9900	4.6000
200.0000	0.9950	5.2900
500.0000	0.9980	6.2100
1000.0000	0.9990	6.9000

Lamp. 6 Nilai D Kritis untuk Uji Smirnov - Kolmogrov

No	Level of Significance (a)				
	20	15	10	5	1
1	0.9	0.925	0.95	0.975	0.995
2	0.684	0.726	0.776	0.842	0.929
3	0.565	0.597	0.642	0.708	0.829
4	0.494	0.525	0.564	0.624	0.734
5	0.446	0.474	0.51	0.563	0.669
6	0.41	0.436	0.47	0.521	0.618
7	0.381	0.405	0.438	0.486	0.577
8	0.358	0.381	0.411	0.4457	0.543
9	0.339	0.36	0.388	0.432	0.514
10	0.322	0.342	0.368	0.409	0.486
11	0.307	0.326	0.352	0.391	0.468
12	0.295	0.313	0.338	0.375	0.45
13	0.284	0.302	0.325	0.361	0.433
14	0.274	0.292	0.314	0.349	0.418
15	0.266	0.283	0.304	0.338	0.404
16	0.258	0.274	0.295	0.328	0.391
17	0.25	0.266	0.286	0.318	0.38
18	0.244	0.259	0.278	0.309	0.37
19	0.237	0.252	0.272	0.301	0.361
20	0.231	0.246	0.264	0.294	0.352
N > 50	<u>1.07</u> $N^{0.5}$	<u>1.14</u> $N^{0.5}$	<u>1.22</u> $N^{0.5}$	<u>1.36</u> $N^{0.5}$	<u>1.63</u> $N^{0.5}$

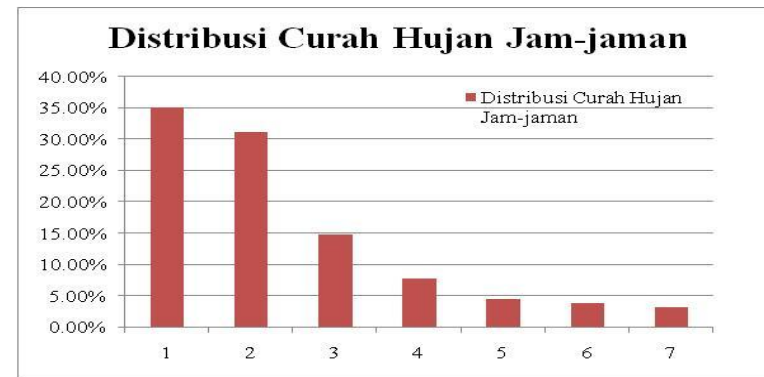
Lamp. 7 Data Curah Hujan Jam-jaman di Stasiun Ahmad Yani untuk perhitungan distribusi curah hujan

	JUMLAH HUJAN TIAP JAM (MILIMETER)																									
	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	00-01	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06	06-07		
September	-	-	-	-	1.30	45.40	41.60	1.70	13.50	36.00	5.80	5.30	42.80	54.40	3.00	9.40	1.60	9.40	0.10	1.00	-	-	0.10	-		
Oktober	-	-	-	0.80	-	6.50	4.80	56.10	33.10	51.20	5.10	4.20	0.90	1.20	47.80	30.30	2.20	3.90	-	-	-	-	-	-		
November	3.40	-	2.90	12.50	2.10	2.90	22.70	3.50	27.60	15.80	2.30	10.90	22.10	17.30	3.10	2.50	1.90	2.70	0.10	-	0.90	10.20	-	32.20		
Desember	-	1.80	1.40	0.70	2.30	17.50	63.10	88.00	28.00	13.70	15.30	28.70	33.70	38.60	7.30	12.00	9.70	4.00	1.90	5.30	0.80	-	-	-		
	3.40	1.80	4.30	14.00	5.70	72.30	132.20	149.30	102.20	116.70	28.50	49.10	99.50	111.50	61.20	54.20	15.40	20.00	2.10	6.30	1.70	10.20	0.10	32.20	1,093.90	
	0.31%	0.16%	0.39%	1.28%	0.52%	6.61%	12.09%	13.65%	9.34%	10.67%	2.61%	4.49%	9.10%	10.19%	5.59%	4.95%	1.41%	1.83%	0.19%	0.58%	0.16%	0.93%	0.01%	2.94%	100.00%	

Data 10 hari terbesar yang digunakan untuk perhitungan distribusi curah hujan

No.	Tanggal	JUMLAH HUJAN TIAP JAM (MILIMETER)																								
		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	00-01	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06	06-07	
1	14 Desember	-	-	-	-	-	17.20	22.80	50.00	7.10	1.30	0.60	0.20	-	-	-	-	-	-	0.80	5.10	0.80	-	-	-	50.00
2	7 September	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47.40	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47.40
3	10 Desember	-	-	-	-	-	-	35.50	37.40	17.80	6.90	5.70	5.80	5.10	-	-	0.90	1.80	2.70	0.60	-	-	-	-	-	37.40
4	23 Oktober	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35.70	0.80	1.00	-	-	-	-	-	-	-	35.70
5	17 Oktober	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.00	29.50	1.20	3.10	-	-	-	-	-	-	29.50
6	27 Oktober	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	25.20	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.20
7	18 Desember	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18.60	25.00	1.60	1.80	1.20	0.50	0.30	-	-	-	-	-	25.00
8	18 Oktober	-	-	-	-	-	-	-	25.00	6.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.00
9	25 Oktober	-	-	-	-	-	-	0.20	24.10	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.10
10	16 September	-	-	-	-	-	21.20	18.00	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.20

	1	2	3	4	5	6	7
1	17.20	22.80	50.00	7.10	1.30	0.60	0.20
2	47.40	0.10	-	-	-	-	-
3	35.50	37.40	17.80	6.90	5.70	5.80	5.10
4	35.70	0.80	1.00	-	-	-	-
5	12.00	29.50	1.20	3.10	-	-	-
6	1.00	25.20	0.10	-	-	-	-
7	18.60	25.00	1.60	1.80	1.20	0.50	0.30
8	25.00	6.40	-	-	-	-	-
9	0.20	24.10	0.10	-	-	-	-
10	21.20	18.00	0.10	-	-	-	-
Rata-rata	21.38	18.93	8.99	4.73	2.73	2.30	1.87
	35.09%	31.07%	14.75%	7.76%	4.49%	3.78%	3.06%



Lamp. 8 Data Geomorfologi Sungai dan Rencana Waduk di DAS Garang

No.	Nama Sub DAS	A (m ²)	Au (m ²)	L (m)	I	SF	SN	D	WF	RUA	SIM
1	Garang	94,563,700	60,171,262	35,156.41	0.0578	0.4867	0.3480	2.5208	2.8579	0.6363	1.8185
2	Kreo	64,667,800	32,160,407	32,434.54	0.0626	0.4989	0.2585	4.1518	1.9174	0.4973	0.9535
3	Kripik	37,502,200	18,275,230	14,064.00	0.0595	0.3874	0.1546	2.9877	0.6635	0.4873	0.3233
	Nama Waduk										
1	Jatibarang	53,371,634	26,225,640	24,857.40	0.0760	0.3561	0.2000	2.7987	1.3178	0.4914	0.6475
2	Mundingan	45,960,646	21,604,197	17,863.27	0.1015	0.3269	0.1667	2.9485	0.4867	0.4701	0.2288
3	Kripik1	32,725,658	16,086,912	10,010.39	0.0773	0.4529	0.2000	2.6080	0.5873	0.4916	0.2887
4	Kripik2	13,841,377	6,622,487	4,006.10	0.1388	0.4178	0.2308	2.6450	0.3463	0.4785	0.1657
5	Garang	74,311,874	41,548,259	26,918.17	0.0728	0.4807	0.4590	2.4105	5.6672	0.5591	3.1686

Dimana,

A = luas daerah tangkapan

Au = luas daerah tangkapan hulu

L = panjang sungai utama

I = kemiringan dasara sungai

SF = Faktor Sumber

WF = Faktor Lebar

RUA = perbandingan hulu-hilir

SIM = Faktor simetri

SN = Frekuensi sumber

D = Kerapatan jaringan

No.	Tanggal	Bulan	Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	1	November	2010	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23
	2	November	2010	9.23	9.23	9.23	9.23	8.92	8.92	8.92	8.92	8.92	8.92	8.92	8.62	8.62	8.62	8.62	8.62	8.62	8.92	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23
	3	November	2010	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	8.92
	4	November	2010	8.92	8.92	8.92	8.62	8.62	8.62	8.62	8.62	8.62	8.62	8.02	8.02	8.02	8.02	8.02	8.02	8.02	8.02	8.32	8.62	8.92	9.23	9.23	9.55
	5	November	2010	14.52	14.52	14.52	14.52	14.52	14.52	14.52	14.52	14.52	14.52	14.52	14.52	14.52	14.52	14.52	32.57	76.22	84.85	64.98	25.00	14.13	14.13	14.52	14.52
	6	November	2010	14.52	14.52	14.52	14.52	14.52	14.52	14.52	14.52	14.52	14.52	14.52	14.52	14.13	14.13	14.13	13.75	13.37	13.37	12.99	12.99	12.99	12.99	12.63	12.63
	7	November	2010	12.26	12.26	12.26	12.26	11.90	11.90	11.55	11.55	11.55	11.55	11.55	11.55	11.55	11.55	11.55	11.55	11.55	11.55	11.55	11.55	11.55	11.55	11.55	11.55
	8	November	2010	11.55	11.55	11.55	11.55	11.55	11.55	11.20	11.20	11.20	11.20	10.53	10.53	10.53	10.53	10.53	10.53	10.53	10.19	10.19	10.19	10.19	10.19	9.87	9.87
	9	November	2010	9.87	9.87	9.87	9.87	9.87	9.87	9.55	9.55	9.55	9.55	9.55	9.55	9.55	8.92	10.53	52.72	551.45	100.84	79.37	62.08	58.09	40.12	36.93	33.86
	10	November	2010	28.68	23.43	20.54	18.27	16.13	15.32	13.75	12.99	11.90	10.53	9.23	8.62	8.02	7.45	7.17	6.90	6.90	6.37	6.37	6.63	6.90	6.90	6.90	6.90
	11	November	2010	6.90	6.90	6.90	6.37	6.37	6.37	6.11	6.11	6.11	5.86	5.61	5.37	5.13	6.63	5.37	5.13	4.90	13.75	13.75	13.75	12.63	11.55	10.86	10.53
	12	November	2010	9.87	9.87	9.23	9.23	8.92	8.62	8.32	8.02	8.02	8.02	7.73	7.73	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.37	6.11	6.11	6.11	6.11	5.86
	13	November	2010	5.86	5.86	5.86	5.86	5.86	5.86	5.86	5.86	5.86	5.86	10.53	14.13	14.92	17.83	20.07	20.07	19.16	16.97	15.32	13.75	12.26	11.55	10.86	10.19
	14	November	2010	6.63	6.37	6.11	6.11	5.86	5.86	5.61	5.61	5.61	5.37	5.37	5.13	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37
	15	November	2010	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37	6.11	6.11	5.86	10.53	23.93	25.99	20.07	14.13	11.90
	16	November	2010	10.19	8.92	8.62	8.02	7.73	7.45																		

Lamp. 9 Lampiran perhitungan curah hujan harian dari 3 stasiun sungai terdekat

No.	Tanggal	Bulan	Tahun	Stasiun Curah Hujan			Area (m ²)			Curah hujan
				Simongan	Ungaran	Sumur Jurang	Simngn	Ungr	SJ	
	1	November	2010	-	6.00	22.00	52.47	93.58	54.11	8.75
	2	November	2010	-	21.00	-	52.47	93.58	54.11	9.82
	3	November	2010	8.00	-	15.00	52.47	93.58	54.11	6.15
	4	November	2010	-	13.00	-	52.47	93.58	54.11	6.08
	5	November	2010	4.00	45.00	37.00	52.47	93.58	54.11	32.09
	6	November	2010	1.00	1.00	6.00	52.47	93.58	54.11	2.35
	7	November	2010	2.00	3.00	7.00	52.47	93.58	54.11	3.82
	8	November	2010	13.00	8.00	22.00	52.47	93.58	54.11	13.10
	9	November	2010	1.00	86.00	-	52.47	93.58	54.11	40.47
	10	November	2010	28.00	-	155.00	52.47	93.58	54.11	49.24
	11	November	2010	-	9.00	-	52.47	93.58	54.11	4.21
	12	November	2010	-	-	1.00	52.47	93.58	54.11	0.27
	13	November	2010	-	5.00	4.00	52.47	93.58	54.11	3.42
	14	November	2010	25.00	-	47.00	52.47	93.58	54.11	19.26
	15	November	2010	-	1.00	-	52.47	93.58	54.11	0.47
	16	November	2010	45.00	-	-	52.47	93.58	54.11	11.80
	17	November	2010	-	-	10.00	52.47	93.58	54.11	2.70
	18	November	2010	-	-	-	52.47	93.58	54.11	-
	19	November	2010	1.00	-	-	52.47	93.58	54.11	0.26
	20	November	2010	-	-	-	52.47	93.58	54.11	-
	21	November	2010	7.00	7.00	-	52.47	93.58	54.11	5.11
	22	November	2010	1.00	1.00	-	52.47	93.58	54.11	0.73
	23	November	2010	-	-	3.00	52.47	93.58	54.11	0.81
	24	November	2010	-	6.00	-	52.47	93.58	54.11	2.81
	25	November	2010	3.00	1.00	5.00	52.47	93.58	54.11	2.61
	26	November	2010	-	-	-	52.47	93.58	54.11	-
	27	November	2010	-	12.00	-	52.47	93.58	54.11	5.61
	28	November	2010	-	2.00	6.00	52.47	93.58	54.11	2.56
	29	November	2010	13.00	1.00	-	52.47	93.58	54.11	3.88
	30	November	2010	1.00	-	3.00	52.47	93.58	54.11	1.07

Data Pasang-Surut di Muara Banjir Kanal Barat, Oktober s/d Desember 2010

**PENGAMATAN PASANG SURUT TIAP-TIAP JAM
STASIUN METEOROLOGI MARITIM SEMARANG
BULAN : OKTOBER 2010**

TGL	JAM PENGAMATAN																										RATA-RATA	MAX	MIN
	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00					
1	115	110	100	95	90	90	80	85	90	95	100	100	100	90	80	80	80	90	95	100	110	125	140	135	99.0	140	80		
2	130	115	105	95	90	85	80	90	100	105	106	100	100	95	90	85	100	110	120	130	140	150	150	145	109.0	150	80		
3	145	120	105	100	85	85	80	90	100	105	110	110	105	105	105	105	110	115	120	135	145	150	155	150	114.0	155	80		
4	150	140	130	120	100	90	80	85	90	95	100	105	110	100	90	90	100	110	115	120	135	150	155	160	113.3	160	80		
5	150	140	120	100	90	90	80	70	65	65	70	70	75	80	90	100	105	110	120	130	140	150	150	155	104.8	155	65		
6	150	145	130	125	115	95	95	95	100	100	110	115	120	125	130	130	125	120	120	130	135	140	145	150	122.7	150	95		
7	155	150	145	130	110	100	85	70	70	60	60	70	75	80	100	120	130	120	120	130	130	130	140	145	109.4	155	60		
8	140	130	120	110	100	90	90	80	85	90	90	95	100	90	90	85	95	100	110	120	130	140	135	130	106.0	140	80		
9	130	120	110	105	100	95	90	85	82	80	80	80	85	85	90	90	95	100	108	105	100	100	102	105	96.8	130	80		
10	110	100	100	95	95	90	90	90	90	90	90	95	100	105	110	115	120	120	120	120	115	110	110	100	103.3	120	90		
11	100	95	95	90	90	90	90	85	85	90	95	100	100	100	110	120	130	135	140	130	120	110	110	100	104.6	140	85		
12	100	100	95	90	90	85	85	80	80	75	70	70	75	75	80	80	85	90	90	95	100	100	110	110	87.9	110	70		
13	110	105	100	95	90	80	80	90	100	100	105	110	110	100	90	100	100	110	95	90	100	100	110	115	99.4	115	80		
14	110	100	90	90	80	80	70	65	60	70	75	75	80	80	90	100	100	110	95	90	100	100	110	115	89.0	115	60		
15	115	105	100	90	80	75	70	80	90	100	105	110	100	90	90	80	80	90	100	110	130	140	130	120	99.2	140	70		
16	115	110	100	85	70	55	55	65	75	85	100	108	105	102	100	90	95	100	110	120	135	150	148	146	101.0	150	55		
17	140	120	105	90	80	76	65	65	75	85	90	100	105	110	110	90	100	105	115	130	140	150	150	140	105.7	150	65		
18	135	130	120	110	100	90	80	80	85	90	100	110	105	100	100	95	95	100	110	120	130	140	150	140	109.0	150	80		
19	135	120	110	95	90	80	75	70	90	100	100	95	95	100	100	100	105	110	110	120	130	140	140	140	106.3	140	70		
20	135	130	120	110	100	90	90	85	90	100	100	100	105	100	90	90	95	100	110	120	130	140	140	135	108.5	140	85		
21	130	120	110	100	100	95	90	85	80	75	70	70	80	90	100	90	80	85	90	90	95	100	110	120	94.0	130	70		
22	125	120	115	100	90	90	85	80	90	100	105	110	110	110	110	110	115	115	115	120	125	125	125	130	109.2	130	80		
23	130	127	120	115	110	100	90	85	95	100	115	120	120	115	110	110	100	110	115	120	125	130	125	120	112.8	130	85		
24	115	110	105	100	98	96	95	95	100	110	112	115	115	110	110	100	100	110	115	120	130	125	115	112	108.9	130	95		
25	110	100	95	95	90	90	90	90	100	110	110	115	115	120	135	135	130	130	120	120	125	130	115	115	111.9	135	90		
26	110	100	100	95	95	90	90	90	95	95	100	105	110	115	120	125	130	130	135	130	125	125	120	120	110.4	135	90		
27	110	100	100	95	90	90	90	100	105	110	110	110	110	110	115	120	120	120	115	110	110	110	120	120	107.9	120	90		
28	110	100	90	80	80	85	85	90	90	95	95	94	100	105	105	110	115	120	125	130	135	134	125	120	104.9	135	80		
29	115	100	95	90	90	85	85	90	95	100	100	100	100	100	100	110	120	125	130	125	120	130	140	130	107.3	140	85		
30	120	105	100	100	100	95	95	95	95	100	110	115	110	110	115	115	125	135	140	150	155	155	150	145	118.1	155	95		
31	125	100	90	80	65	60	50	50	70	80	90	100	100	90	85	90	100	115	125	135	145	140	135	125	97.7	145	50		
JUMLAH	3870	3567	3320	3070	2853	2687	2555	2555	2717	2855	2973	3072	3120	3087	3140	3160	3280	3440	3548	3695	3885	4019	4060	3993	3272	4290	2420		
RATA-RATA	124.8	115.1	107.1	99.0	92.0	86.7	82.4	82.4	87.6	92.1	95.9	99.1	100.6	99.6	101.3	101.9	105.8	111.0	114.5	119.2	125.3	131.0	128.8	105.5	138.4	78.1			
	-19.3			6.5			23.1			13.4			4.9			3.6		-8.9			-34.5								

KETERANGAN : SATUAN PASUT DALAM CENTIMETER (CM)

WAKTU LOCAL TIME

- DIBAWAH NOL (0) DARI ALAT UKUR

**PENGAMATAN PASANG SURUT TIAP-TIAP JAM
STASIUN METEOROLOGI MARITIM SEMARANG
BULAN : NOPEMBER 2010**

TGL	JAM PENGAMATAN																								RATA-RATA	MAX	MIN	
	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00				
1	120	120	100	80	70	70	70	90	100	110	110	115	110	110	110	115	115	110	100	100	100	110	120	140	140	105.6	140	70
2	130	120	100	90	80	80	80	90	90	100	100	90	85	80	85	90	95	100	110	120	130	135	140	145	150	104.8	150	80
3	150	140	130	120	90	70	80	80	90	100	110	120	120	110	100	100	100	110	115	120	125	130	160	150	113.3	160	70	
4	150	140	120	100	90	85	80	90	95	100	110	115	120	115	110	105	100	100	115	120	130	135	135	135	135	112.3	150	80
5	135	125	110	100	90	85	80	80	95	90	110	110	120	120	120	120	110	110	110	118	110	125	120	125	109.1	135	80	
6	125	120	115	110	100	90	88	88	90	100	105	110	115	125	135	138	135	135	130	125	120	118	118	118	114.7	138	88	
7	125	115	110	100	100	95	90	80	90	95	100	110	115	125	135	140	140	135	135	135	125	120	110	110	105	113.8	140	80
8	100	90	80	70	70	70	70	80	90	110	95	100	110	120	130	140	140	130	130	125	120	110	100	100	100	103.3	140	70
9	100	90	80	90	95	100	100	100	100	105	110	110	110	115	115	125	135	135	135	140	140	140	130	110	112.9	140	80	
10	110	100	90	20	80	90	90	95	70	65	110	110	110	60	115	115	120	130	140	145	140	130	120	110	102.7	145	20	
11	110	100	85	90	85	80	75	70	50	60	60	55	50	75	60	70	75	80	85	90	100	110	120	120	81.5	120	50	
12	30	30	30	30	30	30	30	40	50	50	70	70	70	70	80	90	100	105	110	115	120	120	110	110	70.4	120	30	
13	100	55	40	25	30	35	90	45	40	50	60	70	70	70	70	70	80	90	110	120	120	100	110	80	72.1	120	25	
14	60	50	35	25	25	20	25	30	40	50	65	68	70	70	70	75	85	95	110	120	125	130	115	100	69.1	130	20	
15	80	70	50	30	25	25	20	40	50	60	70	80	80	70	70	75	75	90	100	120	125	130	120	110	73.5	130	20	
16	100	60	40	30	25	25	35	45	55	60	70	80	80	80	75	70	75	80	80	85	90	90	95	85	67.1	100	25	
17	70	60	50	55	55	60	70	80	90	100	90	80	70	65	60	70	80	90	100	110	100	90	80	75	77.1	110	50	
18	70	65	45	35	30	40	45	50	55	60	65	70	75	75	80	85	90	100	110	105	100	90	80	75	70.6	110	30	
19	70	60	50	40	30	30	30	40	50	60	70	75	80	70	80	80	85	90	110	120	110	100	90	80	70.8	120	30	
20	70	60	55	50	40	35	40	45	50	60	70	75	80	90	80	80	85	100	110	100	90	70	65	60	69.2	110	35	
21	60	55	55	50	40	35	40	60	65	70	75	75	75	80	85	85	85	80	80	75	70	70	60	55	65.8	85	35	
22	55	50	50	45	40	35	35	40	50	55	60	70	80	85	90	90	85	80	80	75	70	70	60	60	62.9	90	35	
23	60	50	45	40	35	35	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100	105	110	100	90	85	85	70	60	66.5	110	35	
24	55	50	45	40	35	35	35	40	50	60	70	70	75	80	90	100	105	110	105	100	90	80	70	70	69.2	110	35	
25	60	50	50	50	45	45	45	40	40	45	50	55	60	65	70	80	90	100	105	100	85	70	60	60	63.3	105	40	
26	60	50	50	45	45	40	40	50	50	50	50	55	60	70	80	85	90	100	105	100	90	80	70	65	65.8	105	40	
27	65	40	45	40	45	45	50	55	60	55	55	60	60	70	85	95	105	110	120	110	105	100	85	70	72.1	120	40	
28	65	60	55	50	45	40	45	50	55	60	60	60	60	70	75	85	90	100	110	120	115	110	100	95	74.0	120	40	
29	70	60	55	50	45	45	40	50	60	70	70	70	70	75	80	80	90	100	110	120	120	115	110	100	77.3	120	40	
30	80	70	50	30	40	50	65	60	65	50	60	70	80	90	100	100	100	100	100	120	120	110	100	90	79.2	120	30	
JUMLAH	2635	2305	2015	1730	1655	1620	1718	1843	1980	2150	2345	2453	2525	2585	2730	2858	2970	3115	3270	3353	3285	3188	3048	2863	2510	3693	1403	
RATA-RATA	87.8	76.8	67.2	57.7	55.2	54.0	57.3	61.4	66.0	71.7	78.2	81.8	84.2	86.2	91.0	95.3	99.0	103.8	109.0	111.8	109.5	106.3	101.6	95.4	83.7	123.1	46.8	
	-4.2			26.0			26.4			12.0			-0.5			-11.6			-25.3			-22.6						

KETERANGAN : SATUAN PASUT DALAM CENTIMETER (CM)

WAKTU LOCAL TIME

- DIBAWAH NOL (0) DARI ALAT UKUR

**PENGAMATAN PASANG SURUT TIAP-TIAP JAM
STASIUN METEOROLOGI MARITIM SEMARANG
BULAN : DESEMBER 2010**

TGL	JAM PENGAMATAN																								RATA- RATA	MAX	MIN
	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00			
1	90	80	70	50	45	40	30	40	50	60	70	80	80	90	100	100	105	110	120	110	100	90	85	80	78.1	120	30
2	80	70	60	50	40	30	20	35	45	60	80	85	85	80	75	70	75	75	80	85	85	87	87	87	67.8	87	20
3	90	70	50	40	35	30	25	30	40	60	70	80	90	100	100	110	100	90	80	80	80	70	70	70	69.2	110	25
4	70	70	65	40	35	35	30	25	30	45	60	70	80	80	80	80	75	70	70	60	60	60	70	70	59.6	80	25
5	70	70	68	55	45	40	35	30	25	30	40	55	75	90	100	110	115	110	105	100	90	75	60	45	68.3	115	25
6	40	40	40	40	30	30	30	30	40	40	45	55	70	80	90	100	110	120	110	100	90	80	70	60	64.2	120	30
7	60	50	40	40	30	40	50	60	70	80	80	70	100	110	110	100	95	90	90	85	80	70	70	60	72.1	110	30
8	60	50	40	35	35	35	35	30	40	45	50	60	70	85	90	100	100	110	105	95	80	70	65	60	64.4	110	30
9	60	50	40	30	30	30	30	40	45	50	55	65	75	85	90	95	95	95	110	100	90	75	70	55	65.0	110	30
10	55	50	50	45	45	45	50	50	55	60	60	60	70	85	90	95	100	100	110	100	90	80	70	60	69.8	110	45
11	60	40	30	20	20	20	25	30	40	50	60	60	65	68	70	75	80	80	80	75	75	75	75	75	56.2	80	20
12	55	55	55	20	40	40	40	40	45	50	60	65	65	70	70	75	80	90	90	95	95	85	80	70	63.8	95	20
13	60	50	40	30	30	35	35	40	40	50	50	60	70	80	90	100	95	95	90	85	80	80	75	70	65.0	100	30
14	60	50	40	30	30	30	35	40	50	50	55	60	60	65	75	85	90	95	90	85	80	75	75	70	61.5	95	30
15	60	50	45	40	40	40	40	40	50	60	70	70	70	80	90	100	110	100	90	85	80	75	75	70	67.9	110	40
16	60	55	50	45	40	40	40	40	40	45	50	70	70	75	75	80	95	100	100	85	80	75	75	60	65.8	100	40
17	45	40	30	30	40	50	60	65	70	70	50	40	40	40	50	50	60	60	60	55	55	55	60	60	51.5	70	30
18	60	60	50	45	40	40	45	75	50	60	60	60	70	70	70	60	60	60	55	55	50	50	50	50	56.0	75	40
19	50	50	48	45	40	30	35	45	50	60	65	70	80	85	90	100	95	90	85	80	65	65	60	50	63.9	100	30
20	50	45	45	40	40	35	30	40	45	50	60	70	80	90	100	100	95	90	80	75	60	60	60	60	62.5	100	30
21	60	50	45	45	45	45	45	45	45	50	50	60	60	70	80	90	90	90	80	75	70	60	60	60	61.3	90	45
22	60	55	55	50	45	40	30	30	35	40	50	60	70	80	90	90	85	80	80	75	70	65	60	60	60.6	90	30
23	50	45	45	45	40	40	40	30	50	60	60	65	70	80	90	100	100	100	90	80	70	70	65	65	64.6	100	30
24	60	40	40	38	35	40	40	45	50	55	65	70	75	80	90	100	110	110	95	85	75	60	55	55	65.3	110	35
25	50	35	30	40	40	40	40	45	45	40	40	50	55	60	70	75	80	90	80	75	65	60	60	55	55.4	90	30
26	40	40	30	35	30	30	30	40	45	45	50	50	60	65	70	70	80	85	90	85	80	70	60	70	56.3	90	30
27	60	50	40	40	40	45	45	50	60	60	60	70	80	90	95	85	80	75	70	70	70	6+0	60	60	63.3	95	40
28	60	50	30	30	30	30	40	50	60	60	65	70	80	80	80	85	85	80	80	80	80	80	80	75	64.2	85	30
29	70	60	50	40	30	30	35	40	50	60	60	60	65	65	75	80	85	90	90	80	70	70	70	70	62.3	90	30
30	70	60	50	40	35	45	50	55	60	60	70	75	80	85	85	85	85	85	80	80	75	75	70	70	67.7	85	35
31	65	60	58	55	50	45	35	40	50	60	70	80	90	100	100	95	90	90	85	80	80	75	75	70	70.8	100	35
JUMLAH	1880	1640	1429	1228	1150	1145	1155	1295	1480	1670	1870	2030	2260	2473	2635	2745	2810	2795	2715	2545	2365	2137	2112	1987	1983.9	3022	970
RATA-RATA	60.6	52.9	46.1	39.6	37.1	36.9	37.3	41.8	47.7	53.9	60.3	65.5	72.9	79.8	85.0	88.5	90.6	90.2	87.6	82.1	76.3	71.2	68.1	64.1	64.0	188.9	60.6
	3.4			24.4			26.7			10.1			-8.9			-24.6			-23.6			-7.2					

KETERANGAN : SATUAN PASUT DALAM CENTIMETER (CM)

WAKTU LOCAL TIME

- DIBAWAH NOL (0) DARI ALAT UKUR

Lamp. 12 Pengamatan Pasang Surut Tiap-tiap Jam Stasiun Meteorologi Maritim Semarang, November 2010

TGL	JAM PENGAMATAN																										RATA-RATA	MAX	MIN
	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00					
1	60	60	40	20	10	10	10	30	40	50	50	55	50	50	50	55	55	50	40	40	50	60	80	80	45.6	80	10		
2	70	60	40	30	20	20	20	30	30	40	30	25	20	25	30	35	40	50	60	70	75	80	85	90	44.8	90	20		
3	90	80	70	60	30	10	20	20	30	40	50	60	60	50	40	40	40	50	55	60	65	70	100	90	53.3	100	10		
4	90	80	60	40	30	25	20	30	35	40	50	55	60	55	50	45	40	40	55	60	70	75	75	75	52.3	90	20		
5	75	65	50	40	30	25	20	20	35	30	50	50	60	60	60	60	50	50	58	50	65	60	65	65	49.1	75	20		
6	65	60	55	50	40	30	28	28	30	40	45	50	55	65	75	78	75	75	70	65	60	58	58	58	54.7	78	28		
7	65	55	50	40	40	35	30	20	30	35	40	50	55	65	75	80	80	75	75	75	65	60	50	45	53.8	80	20		
8	40	30	20	10	10	10	10	20	30	50	35	40	50	60	70	80	80	70	70	65	60	50	40	40	43.3	80	10		
9	40	30	20	30	35	40	40	40	40	45	50	50	50	55	55	65	75	75	75	80	80	80	70	50	52.9	80	20		
10	50	40	30	-40	20	30	30	35	10	5	50	50	50	0	55	55	60	70	80	85	80	70	60	50	42.7	85	-40		
11	50	40	25	30	25	20	15	10	-10	0	0	-5	-10	15	0	10	15	20	25	30	40	50	60	60	21.5	60	-10		
12	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-20	-10	-10	10	10	10	10	20	30	40	45	50	55	60	60	50	50	10.4	60	-30		
13	40	-5	-20	-35	-30	-25	30	-15	-20	-10	0	10	10	10	10	10	20	30	50	60	60	40	50	20	12.1	60	-35		
14	0	-10	-25	-35	-35	-40	-35	-30	-20	-10	5	8	10	10	10	15	25	35	50	60	65	70	55	40	9.1	70	-40		
15	20	10	-10	-30	-35	-35	-40	-20	-10	0	10	20	20	10	10	15	15	30	40	60	65	70	60	50	13.5	70	-40		
16	40	0	-20	-30	-35	-35	-25	-15	-5	0	10	20	20	20	15	10	15	20	20	25	30	30	35	25	7.1	40	-35		
17	10	0	-10	-5	-5	0	10	20	30	40	30	20	10	5	0	10	20	30	40	50	40	30	20	15	17.1	50	-10		
18	10	5	-15	-25	-30	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	15	20	25	30	40	50	45	40	30	20	15	10.6	50	-30		
19	10	0	-10	-20	-30	-30	-30	-20	-10	0	10	15	20	10	20	20	25	30	50	60	50	40	30	20	10.8	60	-30		
20	10	0	-5	-10	-20	-25	-20	-15	-10	0	10	15	20	30	20	20	25	40	50	40	30	10	5	0	9.2	50	-25		
21	0	-5	-5	-10	-20	-25	-20	0	5	10	15	15	15	20	25	25	25	20	20	15	10	10	0	-5	5.8	25	-25		
22	-5	-10	-10	-15	-20	-25	-25	-20	-10	-5	0	10	20	25	30	30	25	20	20	15	10	10	0	0	2.9	30	-25		
23	0	-10	-15	-20	-25	-25	-25	-20	-15	-10	-5	0	10	20	30	40	45	50	40	30	25	25	10	0	6.5	50	-25		
24	-5	-10	-15	-20	-25	-25	-25	-20	-10	0	10	10	15	20	30	40	45	50	45	40	30	20	10	10	9.2	50	-25		
25	0	-10	-10	-10	-15	-15	-15	-20	-20	-15	-10	-5	0	5	10	20	30	40	45	40	25	10	0	0	3.3	45	-20		
26	0	-10	-10	-15	-15	-20	-20	-10	-10	-10	-10	-5	0	10	20	25	30	40	45	40	30	20	10	5	5.8	45	-20		
27	5	-20	-15	-20	-15	-15	-10	-5	0	-5	-5	0	0	10	25	35	45	50	60	50	45	40	25	10	12.1	60	-20		
28	5	0	-5	-10	-15	-20	-15	-10	-5	0	0	0	0	10	15	25	30	40	50	60	55	50	40	35	14.0	60	-20		
29	10	0	-5	-10	-15	-15	-20	-10	0	10	10	10	10	15	20	20	30	40	50	60	60	55	50	40	17.3	60	-20		
30	20	10	-10	-30	-20	-10	5	0	5	-10	0	10	20	30	40	40	40	40	40	60	60	50	40	30	19.2	60	-30		
JUMLAH	835	505	215	-70	-145	-180	-82	43	180	350	545	653	725	785	930	1058	1170	1315	1470	1553	1485	1388	1248	1063	710	1893	-397		
RATA-RATA	27.8	16.8	7.2	-2.3	-4.8	-6.0	-2.7	1.4	6.0	11.7	18.2	21.8	24.2	26.2	31.0	35.3	39.0	43.8	49.0	51.8	49.5	46.3	41.6	35.4	23.7	63.1	-13.2		
	-4.2			26.0			26.4			12.0			-0.5			-11.6			-25.3			-22.6							

KETERANGAN : SATUAN PASUT DALAM CENTIMETER (CM)

WAKTU LOCAL TIME

- DIBAWAH NOL (0) DARI ALAT UKUR

- TITIK REFERENSI PERHITUNGAN PASANG SURUT 60 CM

Lamp. 13 Rekapitulasi Debit puncak pada masing-masing titik

Lokasi	Luas (km ²)	Debit puncak (m ³ /detik)	
		HEC-HMS	HEC-RAS
BKB1	196.73	1,385.84	1,355.33
BKB2	196.73	1,377.48	1,348.82
BKB3	196.73	1,357.31	1,337.24
BdSimongan	196.73	1,416.52	1,361.49
GarangHilir	196.73	1,416.52	1,459.87
Jemb. KA	196.73	1,377.48	1,224.70
Jemb. Lingkar Utara	196.73	1,357.31	1,346.68
Jemb. Nasional	196.73	1,385.84	1,350.54
KaliPancur	102.17	1,056.32	1,056.32
Muara	196.73	1,344.47	1,320.67
MuaraBKB	196.73	1,344.47	1,320.80
SubDASGarang	94.56	660.56	660.56
SubDASKreo	64.67	674.44	674.44
SubDASKripik	37.50	398.71	398.71
SungaiAlang	102.17	1,046.65	1,046.65
SungaiGarang	94.56	659.55	659.55
SungaiKreo	64.67	667.67	667.67
SungaiKripik	37.50	398.08	398.08
TuguSuharto	196.73	1,478.12	1,475.05

Lamp. 14 Lampiran Output HEC-RAS kondisi Eksisting**Profile Output Table - Standard Table 1****HEC-RAS Plan: Plan 01 River: S. Garang BKB Reach: S Garang-BKB Profile: Max WS**

Rivers = 1
 # Hydraulic Reaches = 1
 # River Stations = 1221
 # Plans = 1
 # Profiles = 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Ch El	W.S.	E.G.	Slope	Vel	Area	Top Width	Froude
				Elev	Elev						
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
S Garang-BKB	179	Max WS	1475.05	6.11	13.62	13.91	0.000249	2.37	622.66	112.82	0.32
S Garang-BKB	178	Max WS	1474.69	6.05	13.52	13.89	0.000338	2.68	550.08	104.26	0.37
S Garang-BKB	177	Max WS	1474.37	6.00	13.22	13.87	0.000525	3.56	421.94	87.17	0.47
S Garang-BKB	176	Max WS	1474.11	5.96	13.28	13.85	0.000461	3.35	445.32	85.30	0.44
S Garang-BKB	175	Max WS	1473.93	5.92	13.53	13.84	0.000244	2.43	608.67	108.23	0.32
S Garang-BKB	174	Max WS	1473.73	5.87	13.48	13.83	0.000343	2.61	565.24	112.82	0.37

S Garang-BKB	173	Max WS	1473.39	5.83	13.29	13.81	0.000426	3.19	464.27	83.00	0.43
S Garang-BKB	172	Max WS	1473.03	5.77	13.37	13.79	0.000376	2.85	517.01	97.97	0.40
S Garang-BKB	171	Max WS	1472.70	5.72	13.32	13.77	0.000390	2.97	496.14	89.88	0.40
S Garang-BKB	170	Max WS	1472.38	5.67	13.18	13.74	0.000470	3.32	443.60	77.20	0.44
S Garang-BKB	169	Max WS	1472.07	5.62	13.25	13.72	0.000381	3.03	485.84	84.19	0.40
S Garang-BKB	168	Max WS	1471.75	5.57	13.11	13.69	0.000506	3.40	433.32	75.49	0.45
S Garang-BKB	167	Max WS	1471.50	5.53	13.17	13.67	0.000411	3.14	468.33	79.21	0.41
S Garang-BKB	166	Max WS	1471.21	5.49	13.21	13.65	0.000375	2.96	497.83	85.44	0.39
S Garang-BKB	165	Max WS	1471.05	5.47	13.23	13.64	0.000357	2.86	514.01	90.40	0.38
S Garang-BKB	164	Max WS	1470.76	5.43	13.24	13.63	0.000341	2.78	528.54	96.38	0.38
S Garang-BKB	163	Max WS	1470.49	5.40	13.18	13.62	0.000411	2.92	503.13	96.73	0.41
S Garang-BKB	162	Max WS	1470.22	5.35	13.12	13.60	0.000433	3.07	479.40	88.02	0.42
S Garang-BKB	161	Max WS	1469.84	5.30	13.12	13.58	0.000405	3.00	490.44	91.39	0.41
S Garang-BKB	160	Max WS	1469.62	5.27	13.11	13.56	0.000383	2.97	494.66	87.43	0.40
S Garang-BKB	159	Max WS	1469.24	5.22	13.05	13.54	0.000409	3.09	474.77	83.12	0.41
S Garang-BKB	158	Max WS	1468.94	5.17	13.02	13.52	0.000410	3.13	469.24	80.16	0.41
S Garang-BKB	157	Max WS	1468.62	5.13	13.02	13.50	0.000397	3.07	478.81	82.73	0.41
S Garang-BKB	156	Max WS	1468.25	5.11	13.06	13.48	0.000367	2.88	510.39	92.14	0.39
S Garang-BKB	155	Max WS	1450.37	5.09	12.86	13.43	0.000395	3.34	442.99	69.92	0.41
S Garang-BKB	154	Max WS	1450.37	5.07	12.87	13.43	0.000417	3.30	439.47	68.46	0.42
S Garang-BKB	153	Max WS	1450.36	5.05	12.92	13.41	0.000375	3.10	468.57	78.14	0.40

S Garang-BKB	152	Max WS	1450.36	5.03	12.92	13.40	0.000350	3.06	479.92	83.43	0.39
S Garang-BKB	151	Max WS	1450.36	5.02	12.91	13.38	0.000329	3.08	486.64	84.48	0.38
S Garang-BKB	150	Max WS	1450.35	5.01	12.89	13.36	0.000352	3.05	483.38	86.82	0.39
S Garang-BKB	149	Max WS	1450.35	5.00	12.90	13.35	0.000398	2.99	484.87	87.87	0.41
S Garang-BKB	148	Max WS	1450.34	4.97	12.89	13.33	0.000437	2.94	492.73	98.59	0.42
S Garang-BKB	147	Max WS	1465.51	4.96	12.98	13.32	0.000315	2.57	569.27	109.58	0.36
S Garang-BKB	146	Max WS	1450.35	4.94	12.83	13.30	0.000352	3.04	477.45	75.92	0.39
S Garang-BKB	145	Max WS	1450.34	4.93	12.88	13.27	0.000363	2.74	528.75	102.18	0.38
S Garang-BKB	144	Max WS	1450.34	4.91	12.81	13.26	0.000359	2.99	484.81	81.86	0.39
S Garang-BKB	143	Max WS	1450.32	4.89	12.76	13.24	0.000370	3.09	468.82	77.28	0.40
S Garang-BKB	142	Max WS	1450.30	4.86	12.78	13.22	0.000356	2.93	495.30	86.61	0.39
S Garang-BKB	141	Max WS	1463.40	4.83	13.03	13.22	0.000178	1.90	770.40	155.16	0.27
S Garang-BKB	140	Max WS	1462.83	4.80	13.00	13.21	0.000180	2.03	719.46	130.70	0.28
S Garang-BKB	139	Max WS	1462.17	4.78	12.91	13.19	0.000336	2.35	622.61	148.45	0.37
S Garang-BKB	138	Max WS	1461.61	4.76	12.92	13.17	0.000191	2.22	658.34	107.30	0.29
S Garang-BKB	137	Max WS	1461.05	4.73	12.96	13.17	0.000180	2.00	729.40	135.51	0.28
S Garang-BKB	136	Max WS	1460.37	4.70	12.82	13.15	0.000297	2.56	570.93	107.10	0.35
S Garang-BKB	135	Max WS	1459.87	4.67	12.87	13.14	0.000207	2.28	643.75	110.62	0.30
S Garang-BKB	134	Max WS	1459.63	4.65	12.84	13.13	0.000219	2.37	615.64	100.03	0.31
S Garang-BKB	133	Max WS	1458.85	4.63	12.91	13.11	0.000166	1.98	736.80	127.91	0.26
S Garang-BKB	132	Max WS	1458.40	4.62	13.02	13.11	0.000068	1.32	1115.18	192.30	0.17

S Garang-BKB	131	Max WS	1458.18	4.61	12.99	13.11	0.000093	1.50	975.72	174.87	0.20
S Garang-BKB	130	Max WS	1457.42	4.59	12.94	13.10	0.000110	1.78	821.65	127.34	0.22
S Garang-BKB	129	Max WS	1457.08	4.58	12.88	13.09	0.000167	2.05	715.10	123.62	0.27
S Garang-BKB	128	Max WS	1456.69	4.56	12.73	13.08	0.000296	2.62	556.54	98.53	0.35
S Garang-BKB	127	Max WS	1456.36	4.55	12.73	13.07	0.000253	2.58	565.12	91.92	0.33
S Garang-BKB	126	Max WS	1456.01	4.53	12.69	13.05	0.000277	2.68	548.35	93.45	0.35
S Garang-BKB	125	Max WS	1455.63	4.51	12.72	13.04	0.000241	2.51	587.44	102.37	0.33
S Garang-BKB	124	Max WS	1455.37	4.50	12.76	13.03	0.000206	2.30	641.49	113.44	0.30
S Garang-BKB	123	Max WS	1455.13	4.49	12.65	13.02	0.000326	2.72	534.64	98.34	0.37
S Garang-BKB	122	Max WS	1450.47	4.47	12.58	13.01	0.000373	2.90	500.14	91.63	0.40
S Garang-BKB	121	Max WS	1450.47	4.46	12.61	12.99	0.000353	2.75	527.81	101.19	0.38
S Garang-BKB	120	Max WS	1453.93	4.43	12.90	12.98	0.000053	1.31	1113.06	155.06	0.16
S Garang-BKB	119	Max WS	1453.43	4.43	12.82	12.98	0.000112	1.80	808.92	120.14	0.22
S Garang-BKB	118	Max WS	1450.48	4.42	11.84	12.95	0.000906	4.66	310.97	47.34	0.58
S Garang-BKB	117	Max WS	1450.47	4.40	11.77	12.90	0.000938	4.73	306.89	46.80	0.59
S Garang-BKB	116	Max WS	1450.45	4.39	11.48	12.85	0.001241	5.19	279.62	49.32	0.70
S Garang-BKB	115	Max WS	1450.43	4.37	12.38	12.62	0.000195	2.20	658.51	106.08	0.28
S Garang-BKB	114	Max WS	1450.41	4.36	12.45	12.61	0.000108	1.78	820.04	126.88	0.22
S Garang-BKB	113	Max WS	1450.39	4.35	12.29	12.60	0.000208	2.46	602.68	96.60	0.30
S Garang-BKB	112	Max WS	1450.38	4.33	12.16	12.60	0.000299	2.95	504.77	81.69	0.37
S Garang-BKB	111	Max WS	1450.37	4.32	12.07	12.59	0.000378	3.21	455.68	73.07	0.40

S Garang-BKB	110	Max WS	1450.35	4.30	11.91		12.57	0.000506	3.59	403.79	62.78	0.45
S Garang-BKB	109	Max WS	1450.34	4.28	12.04		12.54	0.000425	3.13	463.05	79.23	0.41
S Garang-BKB	108	Max WS	1450.32	4.27	12.00		12.52	0.000438	3.20	453.09	77.36	0.42
S Garang-BKB	107	Max WS	1450.30	4.24	12.02		12.49	0.000337	3.08	486.15	82.32	0.39
S Garang-BKB	106	Max WS	1450.28	4.23	12.03		12.48	0.000320	2.99	491.12	77.83	0.38
S Garang-BKB	105	Max WS	1450.27	4.21	11.95		12.46	0.000388	3.17	461.54	75.94	0.41
S Garang-BKB	104	Max WS	1450.25	4.19	11.98		12.44	0.000375	2.99	485.01	83.40	0.40
S Garang-BKB	103	Max WS	1450.22	4.15	12.07		12.42	0.000244	2.62	558.90	88.85	0.33
S Garang-BKB	102	Max WS	1450.20	4.15	12.04		12.40	0.000243	2.66	556.73	88.85	0.33
S Garang-BKB	101	Max WS	1450.18	4.11	12.13		12.39	0.000155	2.27	639.44	81.80	0.26
S Garang-BKB	100	Max WS	1450.16	4.15	12.02	8.57	12.38	0.000271	2.65	548.22	86.35	0.34
S Garang-BKB	99	Max WS	1361.49	-1.21	7.75		7.89	0.000072	1.63	837.17	104.78	0.18
S Garang-BKB	98	Max WS	1361.05	-1.21	7.75		7.89	0.000072	1.63	836.82	104.78	0.18
S Garang-BKB	97	Max WS	1360.61	-1.21	7.75		7.88	0.000072	1.63	836.46	104.77	0.18
S Garang-BKB	96	Max WS	1360.16	-1.21	7.74		7.88	0.000072	1.63	836.11	104.77	0.18
S Garang-BKB	95	Max WS	1359.72	-1.21	7.74		7.88	0.000072	1.63	835.76	104.77	0.18
S Garang-BKB	94	Max WS	1359.28	-1.21	7.74		7.87	0.000072	1.63	835.44	104.76	0.18
S Garang-BKB	93	Max WS	1358.84	-1.21	7.73		7.87	0.000072	1.63	835.09	104.76	0.18
S Garang-BKB	92	Max WS	1358.40	-1.21	7.73		7.87	0.000072	1.63	834.74	104.76	0.18
S Garang-BKB	91	Max WS	1357.96	-1.21	7.73		7.86	0.000072	1.63	834.39	104.75	0.18
S Garang-BKB	90	Max WS	1357.52	-1.21	7.72		7.86	0.000073	1.63	834.04	104.75	0.18

S Garang-BKB	89	Max WS	1357.08	-1.21	7.72	7.86	0.000073	1.63	833.69	104.75	0.18
S Garang-BKB	88	Max WS	1356.65	-1.21	7.72	7.85	0.000073	1.63	833.33	104.74	0.18
S Garang-BKB	87	Max WS	1356.21	-1.21	7.71	7.85	0.000073	1.63	832.98	104.74	0.18
S Garang-BKB	86	Max WS	1355.77	-1.21	7.71	7.85	0.000073	1.63	832.63	104.74	0.18
S Garang-BKB	85	Max WS	1355.33	-1.21	7.71	7.84	0.000073	1.63	832.28	104.73	0.18
S Garang-BKB	84	Max WS	1354.89	-1.21	7.70	7.84	0.000073	1.63	831.93	104.73	0.18
S Garang-BKB	83	Max WS	1354.46	-1.21	7.70	7.84	0.000073	1.63	831.58	104.73	0.18
S Garang-BKB	82	Max WS	1354.02	-1.21	7.70	7.83	0.000073	1.63	831.23	104.72	0.18
S Garang-BKB	81	Max WS	1353.58	-1.21	7.69	7.83	0.000073	1.63	830.84	104.72	0.18
S Garang-BKB	80	Max WS	1353.15	-1.21	7.69	7.83	0.000073	1.63	830.49	104.72	0.18
S Garang-BKB	79	Max WS	1352.71	-1.21	7.69	7.82	0.000073	1.63	830.14	104.71	0.18
S Garang-BKB	78	Max WS	1352.28	-1.21	7.68	7.82	0.000073	1.63	829.79	104.71	0.18
S Garang-BKB	77	Max WS	1351.84	-1.21	7.68	7.82	0.000073	1.63	829.44	104.71	0.18
S Garang-BKB	76	Max WS	1351.41	-1.21	7.68	7.81	0.000073	1.63	829.06	104.70	0.18
S Garang-BKB	75	Max WS	1350.97	-1.21	7.67	7.81	0.000073	1.63	828.71	104.70	0.18
S Garang-BKB	74	Max WS	1350.54	-1.21	7.67	7.81	0.000073	1.63	828.36	104.70	0.18
S Garang-BKB	73	Max WS	1350.11	-1.21	7.67	7.80	0.000073	1.63	827.97	104.69	0.18
S Garang-BKB	72	Max WS	1349.68	-1.21	7.66	7.80	0.000073	1.63	827.62	104.69	0.18
S Garang-BKB	71	Max WS	1349.25	-1.21	7.66	7.80	0.000073	1.63	827.27	104.69	0.18
S Garang-BKB	70	Max WS	1348.82	-1.21	7.66	7.79	0.000074	1.63	826.89	104.68	0.18
S Garang-BKB	69	Max WS	1348.39	-1.21	7.65	7.79	0.000074	1.63	826.54	104.68	0.18

S Garang-BKB	68	Max WS	1347.96	-1.21	7.65	7.78	0.000074	1.63	826.15	104.68	0.18
S Garang-BKB	67	Max WS	1347.53	-1.21	7.65	7.78	0.000074	1.63	825.80	104.67	0.18
S Garang-BKB	66	Max WS	1347.10	-1.21	7.64	7.78	0.000074	1.63	825.42	104.67	0.18
S Garang-BKB	65	Max WS	1346.68	-1.21	7.64	7.77	0.000074	1.63	825.07	104.67	0.18
S Garang-BKB	64	Max WS	1346.25	-1.21	7.64	7.77	0.000074	1.63	824.69	104.66	0.18
S Garang-BKB	63	Max WS	1345.83	-1.21	7.63	7.77	0.000074	1.63	824.30	104.66	0.18
S Garang-BKB	62	Max WS	1345.40	-1.21	7.63	7.76	0.000074	1.63	823.95	104.66	0.18
S Garang-BKB	61	Max WS	1344.98	-1.21	7.62	7.76	0.000074	1.63	823.57	104.65	0.18
S Garang-BKB	60	Max WS	1344.56	-1.21	7.62	7.76	0.000074	1.63	823.22	104.65	0.19
S Garang-BKB	59	Max WS	1344.13	-1.21	7.62	7.75	0.000074	1.63	822.84	104.65	0.19
S Garang-BKB	58	Max WS	1343.71	-1.21	7.61	7.75	0.000074	1.63	822.45	104.64	0.19
S Garang-BKB	57	Max WS	1343.29	-1.21	7.61	7.75	0.000074	1.63	822.07	104.64	0.19
S Garang-BKB	56	Max WS	1342.88	-1.21	7.61	7.74	0.000074	1.63	821.72	104.64	0.19
S Garang-BKB	55	Max WS	1342.46	-1.21	7.60	7.74	0.000074	1.63	821.34	104.63	0.19
S Garang-BKB	54	Max WS	1342.04	-1.21	7.60	7.74	0.000075	1.63	820.95	104.63	0.19
S Garang-BKB	53	Max WS	1341.63	-1.21	7.60	7.73	0.000075	1.64	820.57	104.63	0.19
S Garang-BKB	52	Max WS	1341.21	-1.21	7.59	7.73	0.000075	1.64	820.19	104.62	0.19
S Garang-BKB	51	Max WS	1340.80	-1.21	7.59	7.72	0.000075	1.64	819.81	104.62	0.19
S Garang-BKB	50	Max WS	1340.39	-1.21	7.58	7.72	0.000075	1.64	819.42	104.61	0.19
S Garang-BKB	49	Max WS	1339.98	-1.21	7.58	7.72	0.000075	1.64	819.07	104.61	0.19
S Garang-BKB	48	Max WS	1339.56	-1.21	7.58	7.71	0.000075	1.64	818.66	104.61	0.19

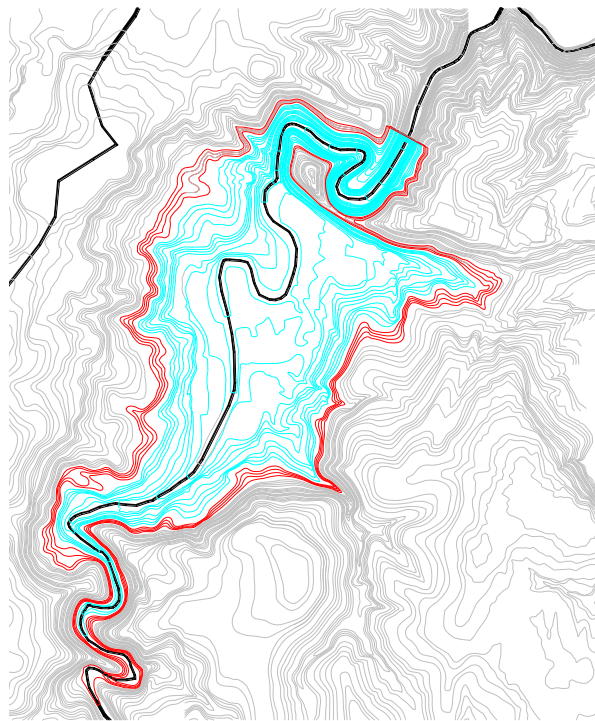
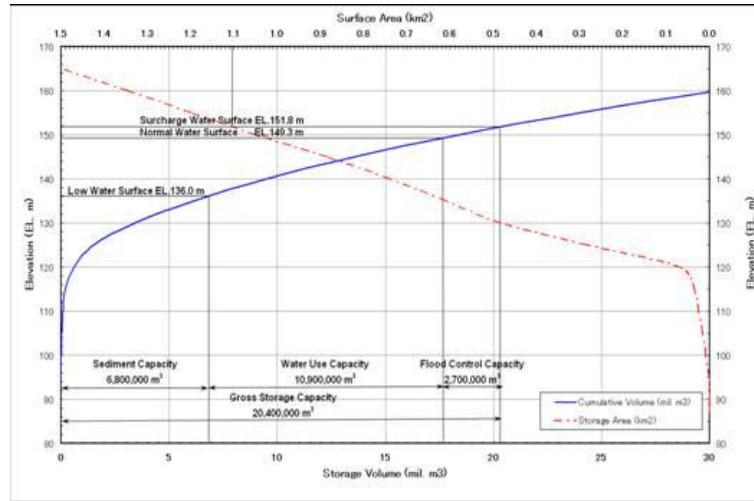
S Garang-BKB	47	Max WS	1339.14	-1.21	7.57	7.71	0.000075	1.64	818.28	104.60	0.19
S Garang-BKB	46	Max WS	1338.75	-1.21	7.57	7.71	0.000075	1.64	817.92	104.60	0.19
S Garang-BKB	45	Max WS	1338.34	-1.21	7.57	7.70	0.000075	1.64	817.51	104.60	0.19
S Garang-BKB	44	Max WS	1337.92	-1.21	7.56	7.70	0.000076	1.64	817.13	104.59	0.19
S Garang-BKB	43	Max WS	633.11	-1.21	0.89	1.50	0.001870	3.45	183.27	88.88	0.77
S Garang-BKB	42	Max WS	1337.65	-2.50	2.14	2.35	0.000301	2.05	656.66	185.80	0.34
S Garang-BKB	41	Max WS	1337.51	-2.50	2.12	2.33	0.000310	2.05	653.44	185.71	0.35
S Garang-BKB	40	Max WS	1337.37	-2.50	2.10	2.32	0.000315	2.06	649.99	185.61	0.35
S Garang-BKB	39	Max WS	1337.24	-2.50	2.09	2.30	0.000314	2.07	652.74	191.94	0.35
S Garang-BKB	38	Max WS	1337.10	-2.50	2.06	2.29	0.000323	2.08	643.98	185.92	0.35
S Garang-BKB	37	Max WS	1336.97	-2.50	2.05	2.27	0.000328	2.09	640.73	185.93	0.35
S Garang-BKB	36	Max WS	1336.84	-2.50	2.03	2.25	0.000345	2.10	636.48	185.21	0.36
S Garang-BKB	35	Max WS	1336.72	-2.50	2.01	2.24	0.000351	2.11	632.06	184.38	0.36
S Garang-BKB	34	Max WS	1336.60	-2.50	1.99	2.22	0.000354	2.12	630.37	185.51	0.37
S Garang-BKB	33	Max WS	1336.46	-2.50	1.97	2.20	0.000365	2.14	625.15	184.57	0.37
S Garang-BKB	32	Max WS	1336.33	-2.50	1.93	2.18	0.000377	2.24	597.28	168.41	0.38
S Garang-BKB	31	Max WS	1336.21	-2.50	1.90	2.16	0.000384	2.25	593.53	168.34	0.38
S Garang-BKB	30	Max WS	1336.09	-2.50	1.88	2.14	0.000393	2.27	589.27	168.22	0.39
S Garang-BKB	29	Max WS	1335.96	-2.50	1.85	2.12	0.000402	2.28	584.96	168.10	0.39
S Garang-BKB	28	Max WS	1335.85	-2.50	1.83	2.10	0.000413	2.27	587.92	173.84	0.39
S Garang-BKB	27	Max WS	1335.73	-2.50	1.81	2.08	0.000423	2.30	580.69	172.76	0.40

S Garang-BKB	26	Max WS	1335.61	-2.50	1.78	2.05	0.000436	2.33	573.38	171.49	0.41
S Garang-BKB	25	Max WS	1335.50	-2.50	1.75	2.03	0.000453	2.34	571.07	173.34	0.41
S Garang-BKB	24	Max WS	1335.41	-2.50	1.71	2.01	0.000467	2.42	552.68	163.20	0.42
S Garang-BKB	23	Max WS	1335.32	-2.50	1.69	1.99	0.000478	2.43	548.45	163.07	0.42
S Garang-BKB	22	Max WS	1335.23	-2.50	1.64	1.96	0.000478	2.54	526.27	146.76	0.43
S Garang-BKB	21	Max WS	1335.15	-2.50	1.61	1.94	0.000496	2.54	525.67	150.51	0.43
S Garang-BKB	20	Max WS	1335.07	-2.50	1.58	1.91	0.000506	2.54	525.37	152.50	0.44
S Garang-BKB	19	Max WS	1334.99	-2.50	1.55	1.89	0.000519	2.56	520.94	152.37	0.44
S Garang-BKB	18	Max WS	1334.90	-2.50	1.52	1.86	0.000530	2.58	517.38	151.72	0.45
S Garang-BKB	17	Max WS	1334.83	-2.50	1.47	1.83	0.000573	2.65	503.49	150.71	0.46
S Garang-BKB	16	Max WS	1334.77	-2.50	1.44	1.80	0.000592	2.67	500.82	152.41	0.47
S Garang-BKB	15	Max WS	1334.70	-2.50	1.43	1.77	0.000585	2.58	517.61	163.00	0.46
S Garang-BKB	14	Max WS	1334.62	-2.50	1.36	1.73	0.000621	2.69	496.05	154.41	0.48
S Garang-BKB	13	Max WS	1334.58	-2.50	1.31	1.71	0.000637	2.79	479.18	144.45	0.49
S Garang-BKB	12	Max WS	1334.53	-2.50	1.27	1.67	0.000656	2.81	474.97	144.36	0.49
S Garang-BKB	11	Max WS	1334.50	-2.50	1.22	1.63	0.000693	2.87	465.73	143.40	0.51
S Garang-BKB	10	Max WS	1334.47	-2.50	1.17	1.60	0.000723	2.91	459.19	142.89	0.52
S Garang-BKB	9	Max WS	1334.46	-2.50	1.12	1.56	0.000759	2.95	451.86	142.30	0.53
S Garang-BKB	8	Max WS	1334.45	-2.50	1.07	1.53	0.000796	3.00	444.71	141.71	0.54
S Garang-BKB	7	Max WS	1320.80	-2.50	1.01	1.48	0.000825	3.03	436.27	141.01	0.55
S Garang-BKB	6	Max WS	1320.76	-2.50	0.95	1.44	0.000871	3.08	428.42	140.35	0.56

S Garang-BKB	5	Max WS	1320.74	-2.50	0.92	1.39	0.000870	3.05	432.92	144.03	0.56
S Garang-BKB	4	Max WS	1320.74	-2.50	0.91	1.39	0.000876	3.06	431.95	143.93	0.56
S Garang-BKB	3	Max WS	1292.10	-2.50	0.85	1.27	0.000794	2.87	450.80	153.78	0.53
S Garang-BKB	2	Max WS	1320.75	-2.50	0.98	1.24	0.000433	2.28	589.30	192.35	0.40
S Garang-BKB	1	Max WS	1320.70	-2.50	0.96	1.22	0.000472	2.25	587.44	193.70	0.41
S Garang-BKB	0	Max WS	1320.67	-2.50	0.89	1.16	0.000511	2.30	573.31	193.60	0.43

Lamp. 15 Data Genangan Waduk Jatibarang, (tabel, grafik dan situasi genangan)

Elevasi (m)	Volume (juta m ³)	Luas (km ²)
92	0.00	0.00
94	0.01	0.00
96	0.01	0.00
98	0.03	0.01
102	0.08	0.01
104	0.12	0.02
106	0.16	0.02
108	0.22	0.03
112	0.37	0.04
114	0.45	0.04
116	0.53	0.04
118	0.62	0.05
122	1.00	0.09
124	1.38	0.19
126	1.98	0.30
128	2.73	0.38
132	4.68	0.49
134	5.73	0.53
136	6.89	0.58
138	8.14	0.62
142	11.03	0.72
144	12.58	0.78
146	14.25	0.83
148	16.02	0.89
149.5	17.30	0.92
150	17.92	0.95
152	19.95	1.01
154	22.10	1.08

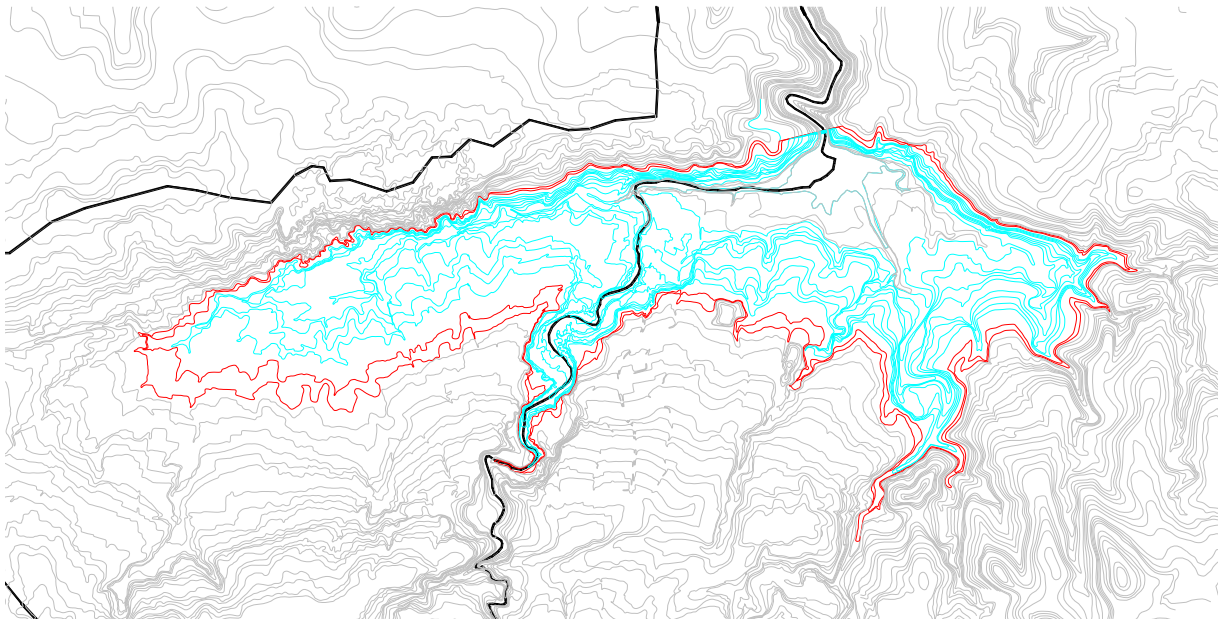
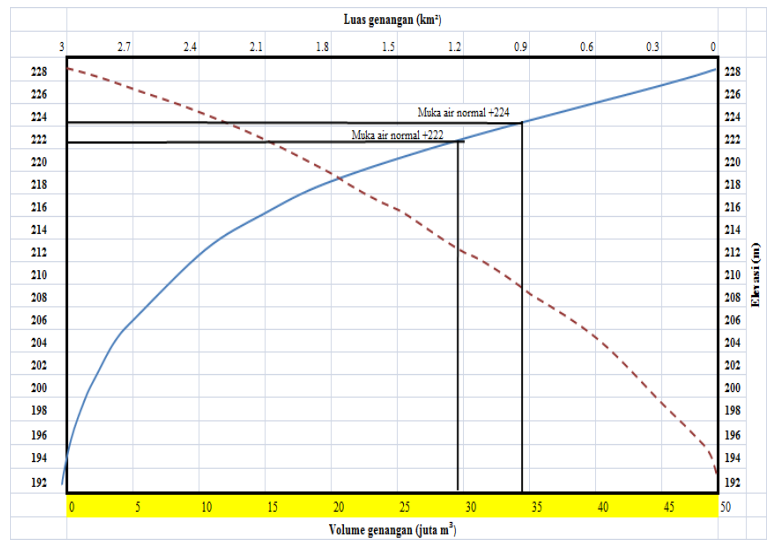


Hidrograf Debit Banjir Kondisi Eksisting

Kondisi Eksisting						
No.	Jatibarang					
	I	O	Kali Pancur	T. Suharto	Simongan	Muara
1	0	0	0	0	0	0
2	37.36	2.015	26.252	21.511	8.479	1.822
3	187.418	13.92	149.828	152.232	73.677	17.706
4	401.567	88.298	370.149	476.668	332.082	163.878
5	526.778	201.984	528.391	854.269	705.632	497.255
6	507.752	325.697	600.3	1143.896	1027.282	848.447
7	409.408	380.732	591.135	1229.385	1181.382	1077.761
8	314.261	372.905	533.905	1156.633	1166.28	1144.356
9	235.497	332.306	453.899	996.735	1042.295	1077.26
10	162.596	277.115	360.314	805.587	869.733	938.72
11	100.582	217.849	268.225	620.83	690.366	774.968
12	57.246	175.827	203.077	464.125	528.068	615.27
13	32.847	136.272	153.509	337.495	394.991	475.996
14	18.916	102.883	114.214	239.593	287.776	360.204
15	10.739	76.25	84.077	168.097	207.745	268.955
16	5.688	55.672	61.269	118.033	148.808	199.604
17	2.808	40.119	44.195	82.614	106.926	147.903
18	1.363	28.615	31.584	57.651	76.774	109.868
19	0.649	20.265	22.435	40.207	54.497	81.784
20	0.267	17.784	18.441	30.044	38.615	60.938
21	0.066	15.884	16.393	23.856	28.932	45.745
22	0	14.174	14.637	19.275	22.79	34.881
23	0	12.645	13.064	15.815	18.399	27.162
24	0	11.282	11.659	13.276	15.161	21.461
25			10.405	11.367	12.766	17.293
	526.778	380.732	600.3	1229.385	1181.382	1144.356

Lamp. 16 Data Genangan Waduk Mundungan, (tabel, grafik dan situasi genangan)

Elevasi (m)	Volume (juta m ³)	Luas (km ²)
192	0.08	0.08
198	1.38	0.35
202	3.14	0.52
204	4.29	0.63
206	5.69	0.76
208	7.36	0.91
212	11.69	1.26
214	14.39	1.44
216	17.46	1.63
217	19.14	1.72
218	20.90	1.81
219	22.79	1.97
220	24.80	2.05
221	26.94	2.22
222	29.17	2.24
224	33.93	2.51
226	39.22	2.78
228	45.05	3.05

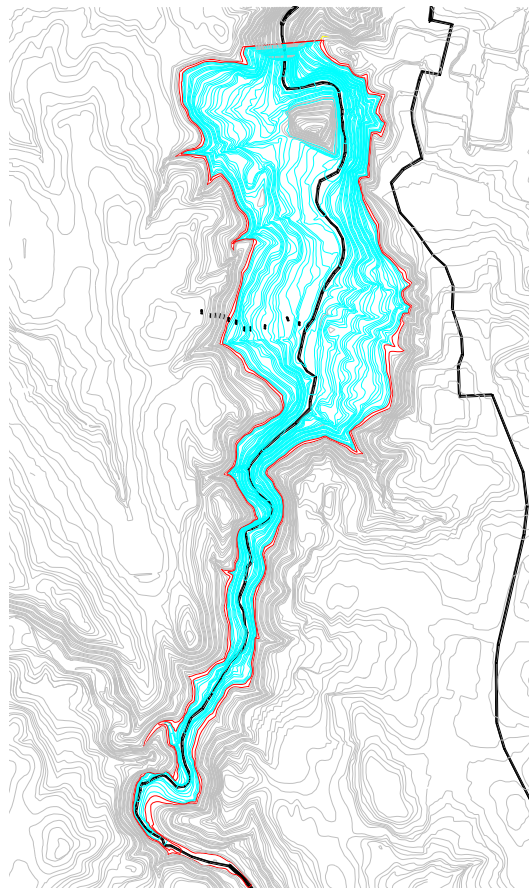
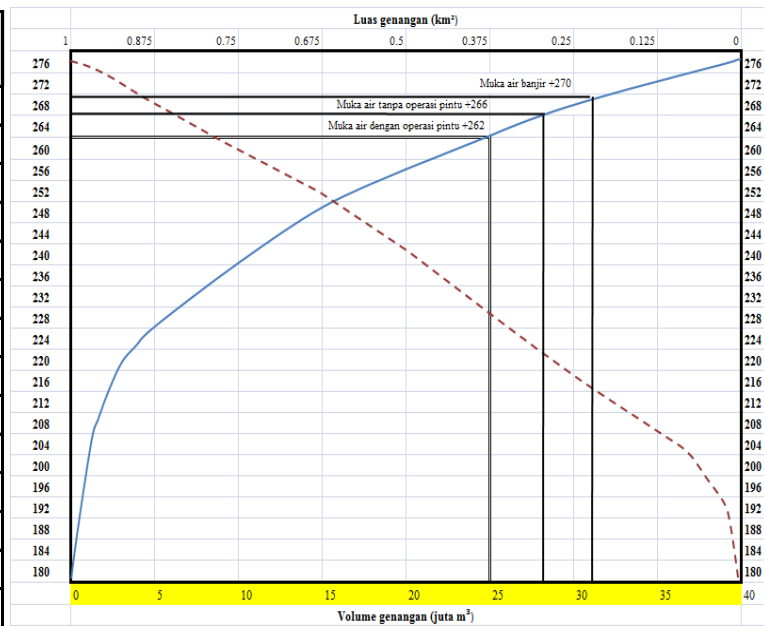


Hidrograf Debit Banjir Kondisi Skenario 1

Skenario 1								
No.	Mundungan		Jatibarang		Kali Pancur	T. Suharto	Simongan	Muara
	I	O	I	O				
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	56.936	3.209	0.005	0	24.911	19.519	7.148	1.404
3	241.198	19.652	15.401	0.831	139.372	142.655	68.687	15.502
4	419.312	54.668	70.224	5.359	301.412	414.352	285.52	135.718
5	427.445	96.234	60.203	11.815	358.796	696.613	574.624	399.417
6	331.952	128.19	40.925	15.995	311.269	870.044	789.648	653.875
7	237.99	145.864	26.334	17.897	236.978	884.827	869.408	799.338
8	173.793	152.631	19.496	18.438	177.832	803.179	823.176	820.815
9	122.355	152.118	15.702	18.348	132.73	673.483	716.879	756.441
10	69.556	145.786	6.718	17.578	90.792	531.808	585.541	647.423
11	33.364	135.153	2.014	16.153	55.336	402.61	457.23	527.416
12	15.838	122.69	0.49	14.546	33.596	289.615	342.218	412.897
13	7.057	110.149	0.104	13.009	22.314	200.788	246.122	312.778
14	3.061	98.302	0	11.611	16.174	136.091	173.784	231.842
15	1.304	87.466	0	10.359	12.747	92.276	121.419	169.759
16	0.53	77.709	0	9.241	10.623	63.863	85.129	123.753
17	0.166	68.988	0	8.245	9.142	44.872	60.759	90.634
18	0.009	61.22	0	7.355	7.987	32.055	43.111	67.021
19	0	54.319	0	6.562	7.065	23.382	30.666	49.925
20	0	48.196	0	5.854	6.308	17.349	22.285	37.437
21	0	42.762	0	5.223	5.632	12.871	16.44	28.057
22	0	37.942	0	4.659	5.029	9.478	12.122	20.815
23	0	33.664	0	4.157	4.49	7.071	8.96	15.197
24	0	29.869	0	3.709	4.009	5.474	6.753	11.099
25	0	26.502	0	3.309	3.58	4.405	5.256	8.207
	427.445	152.631	70.224	18.438	358.796	884.827	869.408	820.815

Lamp. 17 Data Genangan Waduk Garang, (tabel, grafik dan situasi genangan)

Elevasi (m)	Volume (juta m ³)	Luas (km ²)
182	0.00	0.00
184	0.00	0.00
186	0.01	0.00
188	0.02	0.01
192	0.07	0.01
194	0.10	0.02
196	0.14	0.02
198	0.20	0.03
202	0.38	0.06
204	0.51	0.07
206	0.68	0.10
208	0.90	0.12
212	1.49	0.17
214	1.88	0.22
216	2.35	0.25
218	2.87	0.27
222	4.04	0.31
224	4.69	0.34
226	5.38	0.36
228	6.11	0.37
232	7.69	0.42
234	8.55	0.44
236	9.45	0.46
238	10.39	0.48
242	12.42	0.53
244	13.50	0.56
246	14.64	0.58
248	15.83	0.61
252	18.37	0.66
254	19.71	0.68
256	21.10	0.71
258	22.55	0.74
262	25.62	0.79
264	27.24	0.82
266	28.92	0.85
268	30.66	0.88
272	34.32	0.95
276	38.26	1.02

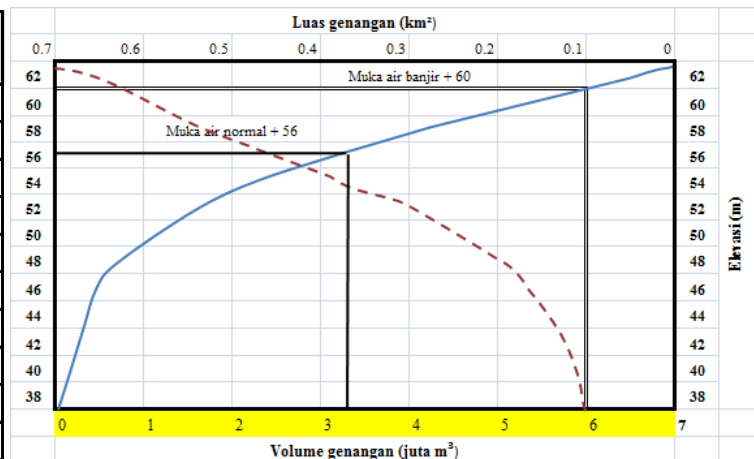


Hidrograf Debit Banjir Kondisi Skenario 2

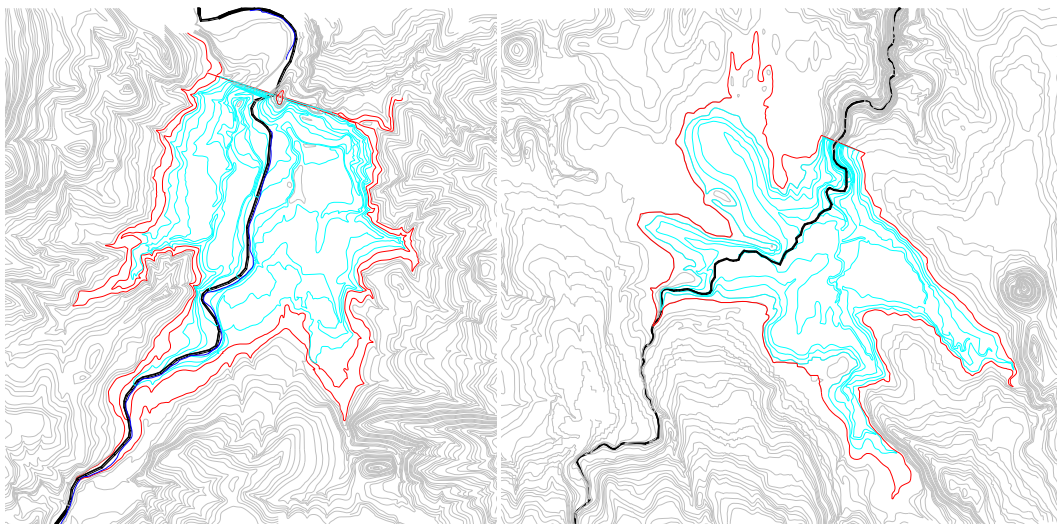
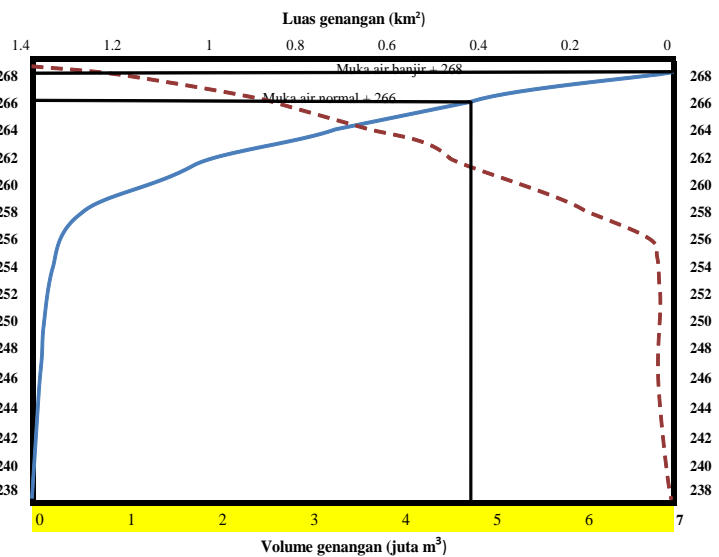
Skenario 2					
No.	Garang		T. Suharto	Simongan	Muara
	I	O			
1	0	0	0	0	0
2	0.306	0	0.23	0.076	0.024
3	1.574	0	3.036	1.216	0.396
4	4.552	0	8.732	4.827	1.832
5	9.534	0	16.503	10.917	4.953
6	16.617	0	26.832	19.289	10.29
7	25.636	0	39.134	29.905	18.123
8	36.573	0	53.11	42.322	28.43
9	50.275	0	73.215	58.216	42.424
10	70.205	0	104.957	85.136	64.265
11	129.369	0	240.692	179.665	124.46
12	244.803	0	593.729	441.313	314.04
13	385.697	0	680.451	630.784	526.12
14	466.678	0	687.508	677.114	637.58
15	474.786	94.761	674.602	680.597	672.58
16	429.367	222.938	721.516	707.888	698.56
17	362.957	307.897	782.845	761.371	740.25
18	308.266	321.49	782.128	776.92	765.43
19	265.417	304.496	730.19	744.863	751.94
20	231.771	277.079	663.129	687.059	707.25
21	205.761	248.479	600.55	624.673	650.27
22	184.885	222.408	544.425	567.154	592.81
23	167.237	199.677	493.762	514.927	539.3
24	151.61	179.935	447.784	467.421	490.21
25	137.333	162.542	405.701	423.971	445.35
26	121.847	151.274	362.173	380.934	402.18
27	102.252	140.257	307.637	332.107	356.52
28	78.302	126.22	260.614	283.615	309.73
29	55.146	109.511	216.93	239.126	264.91
30	36.437	91.615	177.142	198.63	223.73
31	23.466	74.297	141.6	162.141	186.26
32	15.361	58.883	110.993	130.026	152.94
33	10.014	45.909	85.694	102.664	123.95
34	6.487	35.332	66.488	80.712	99.588
35	4.191	26.909	52.92	64.069	79.908
36	2.689	20.317	42.757	51.496	64.487
37	1.706	15.228	34.67	41.467	52.461
38	1.062	11.34	28.176	33.534	42.906
39	0.645	8.395	22.979	27.224	35.244
40	0.374	6.18	18.828	22.183	28.929
41	0.193	4.524	15.514	18.157	23.707
42	0.078	3.292	12.864	14.964	19.483
43	0.017	2.381	10.735	12.42	16.042
44	0	1.714	9.017	10.372	13.251
45	0	1.233	7.626	8.716	11.011
46	0	0.887	6.496	7.381	9.217
47	0	0.638	5.571	6.297	7.777
48	0	0.459	4.807	5.406	6.615
49	0	0.33	6.011	4.667	5.666
	474.786	321.49	782.845	776.92	765.43

Lamp. 18 Data Genangan Waduk KripiK 1 dan 2, (tabel, grafik dan situasi genangan)**Waduk KripiK 1**

Elevasi (m)	Volume (juta m ³)	Luas (km ²)
38	0.00	0.00
42	0.08	0.04
44	0.19	0.07
46	0.38	0.11
48	0.68	0.19
52	1.68	0.32
54	2.38	0.39
56	3.24	0.47
58	4.25	0.54
62	6.65	0.67

**Waduk KripiK 2**

Elevasi (m)	Volume (juta m ³)	Luas (km ²)
238	0.00	0.00
242	0.01	0.00
244	0.01	0.00
246	0.02	0.01
248	0.03	0.01
252	0.08	0.02
254	0.12	0.03
256	0.21	0.06
258	0.47	0.20
262	1.96	0.54
264	3.21	0.70
266	4.81	0.89
268	6.88	1.18

**Gambar** Denah Waduk KripiK 1 (kiri) dan Waduk KripiK 2 (kanan)

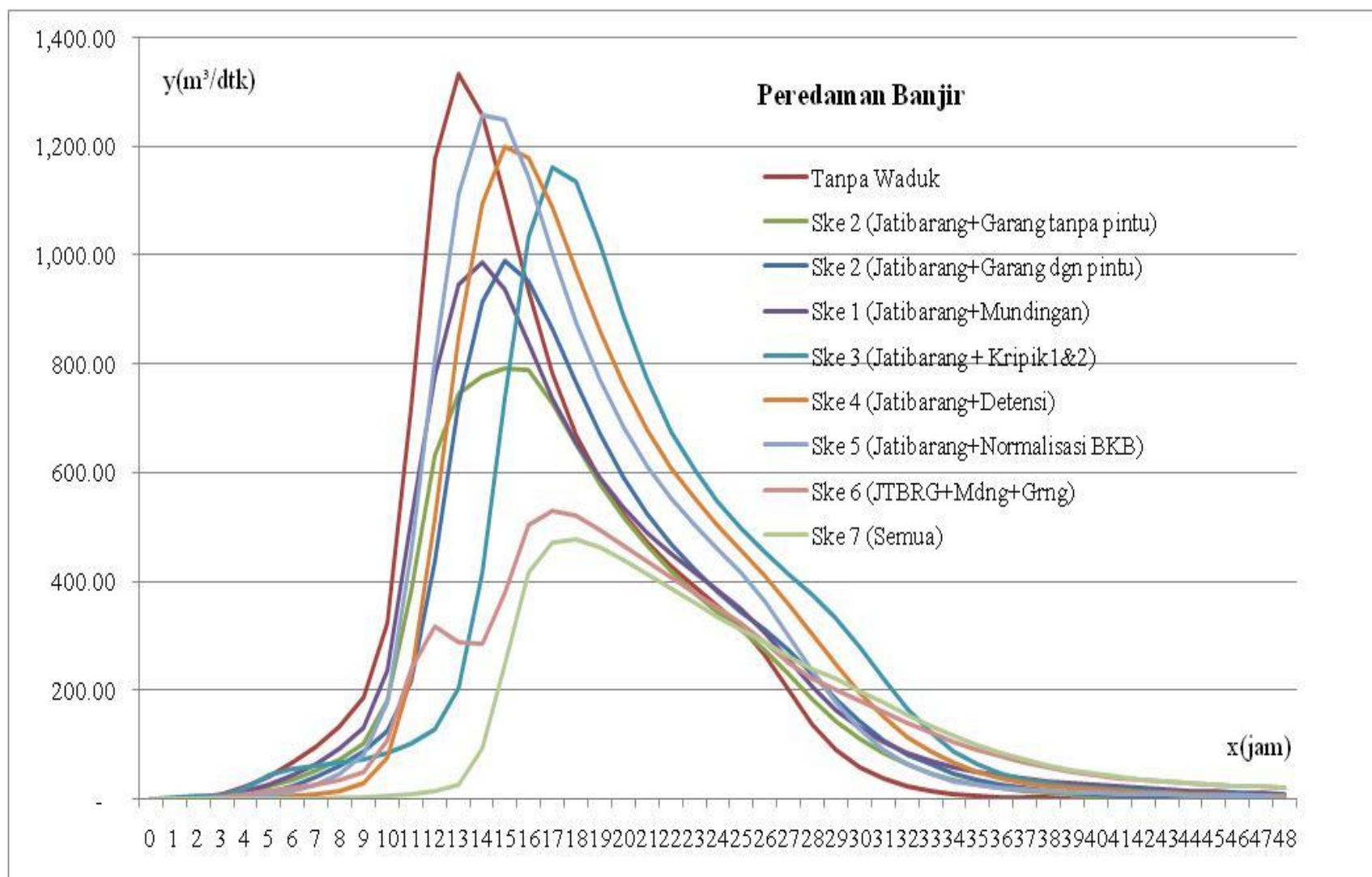
Hidrograf Debit Banjir Kondisi Skenario 3

Skenario 3								
No.	Kripik 2		Kripik 1		Kali Pancur	T. Suharto	Simongan	Muara
	Inflow	Outflow	Inflow	Outflow				
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15.642	1.606	106.021	13.101	40.039	32.74	12.636	2.499
3	68.374	9.903	247.453	53.54	119.793	129.101	67.034	17.775
4	123.144	27.534	230.681	111.777	226.969	346.6	243.443	118.516
5	128.998	47.769	176.352	148.164	353.553	682.07	547.346	370.878
6	102.065	61.684	138.337	151.805	473.496	1010.778	879.969	702.243
7	73.479	67.042	121.499	143.124	529.128	1159.191	1097.809	966.749
8	53.352	66.297	110.227	132.311	518.916	1135.943	1126.14	1079.5
9	37.606	62.022	79.614	117.481	462.803	1002.683	1039.894	1058.356
10	22.037	55.409	60.468	98.664	389.658	832.128	888.353	946.021
11	10.813	47.404	49.721	81.383	313.891	663.815	725.029	800.265
12	5.041	39.297	41.066	71.558	257.919	517.088	576.24	654.169
13	2.262	31.977	33.539	63.092	209.418	392.628	445.861	520.933
14	0.988	25.744	27.098	54.993	166.682	291.994	339.724	407.982
15	0.423	20.602	21.74	47.437	131.043	215.821	254.787	315.05
16	0.173	16.433	17.373	40.547	102.211	160.101	191.782	241.951
17	0.057	13.082	13.853	34.385	79.307	118.791	144.143	185.683
18	0.006	10.402	11.031	28.962	61.372	88.398	108.977	143.259
19	0	8.266	8.778	24.253	47.48	66.099	82.609	110.989
20	0	6.569	6.984	20.207	39.341	51.691	63.657	86.559
21	0	5.22	5.557	16.763	33.756	41.863	50.085	68.291
22	0	4.148	4.421	13.853	29.007	34.193	40.318	54.76
23	0	3.296	3.518	11.411	24.916	28.132	32.833	44.591
24	0	2.619	2.799	9.371	21.406	23.415	27.026	36.757
25	0	2.081	2.227	7.676	18.4	19.691	22.496	30.473
	128.998	67.042	247.453	151.805	529.128	1159.191	1,126.14	1,079.50

Lamp. 19 Rekapitulasi Hidrograf Banjir Jam-jaman masing-masing skenario

No.	Debit Banjir Jam-jaman di Tugu Suharto (m ³ /detik)									
	anpa Wadul	Waduk Jatibarang	Ske 1	Ske 2		Ske 3	Ske 4	Ske 5	Ske 6	Ske 7
				Dgn pintu	Tanpa Pintu					
0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-
1	0.22	0.21	0.20	0.19	0.196	3.94	0.01	0.08	0.17	0.00
2	2.38	1.74	1.70	1.44	0.196	4.46	0.12	0.73	1.30	0.01
3	9.52	6.12	6.02	5.01	1.481	5.05	0.54	2.36	4.03	0.04
4	22.79	14.32	13.94	11.85	5.245	21.21	1.44	4.72	8.10	0.13
5	42.01	26.96	26.06	22.32	12.748	44.60	2.87	7.91	13.28	0.35
6	66.94	44.15	42.76	35.96	24.736	56.65	4.95	13.82	19.39	0.76
7	96.84	65.76	64.31	52.32	41.108	62.26	8.47	25.64	26.39	1.40
8	133.68	93.17	92.30	72.45	61.693	66.88	15.34	46.78	35.42	2.31
9	186.25	132.16	131.93	100.98	87.64	73.81	29.39	82.87	49.93	3.54
10	324.06	245.46	236.52	180.50	123.863	84.96	75.07	179.11	108.13	5.36
11	719.53	514.46	513.16	381.53	214.347	101.92	225.46	451.65	239.72	8.71
12	1,175.43	829.77	777.33	633.21	435.958	128.60	515.32	811.52	317.08	15.09
13	1,333.25	1,086.40	944.65	746.65	728.227	204.24	850.05	1,114.12	289.54	25.61
14	1,257.91	1,179.54	986.36	777.27	913.592	417.70	1,093.88	1,259.52	284.90	93.87
15	1,105.12	1,132.48	936.95	793.07	990.553	735.25	1,199.40	1,250.93	377.58	247.39
16	933.59	1,009.42	839.27	791.04	952.005	1,032.49	1,179.55	1,145.42	503.88	417.06
17	782.12	871.97	737.31	729.18	865.807	1,161.65	1,088.67	1,005.76	530.57	471.85
18	670.49	754.95	655.25	653.99	766.696	1,133.99	973.03	878.73	520.83	478.39
19	588.20	659.51	589.39	581.63	672.821	1,021.12	861.10	772.34	496.20	462.95
20	524.00	586.23	535.10	518.76	591.221	888.02	762.05	683.74	466.59	439.07
21	471.65	527.77	489.64	465.42	523.639	771.79	678.65	611.02	436.41	412.78
22	428.25	478.72	451.01	420.01	467.906	676.79	609.85	554.14	407.28	386.57
23	389.78	435.20	416.25	380.33	421.305	605.40	553.01	505.66	379.25	361.16
24	353.99	395.29	383.76	344.74	380.89	548.18	504.03	461.05	351.86	336.40
25	316.41	354.97	349.98	311.29	344.688	499.24	458.50	416.26	322.69	312.26
26	265.11	307.11	306.61	275.47	311.153	455.31	411.53	363.74	288.20	288.08
27	199.46	251.32	256.60	230.47	275.177	414.84	359.48	301.23	251.42	262.97
28	137.52	193.53	207.01	184.09	230.067	375.21	303.05	235.96	221.58	240.10
29	90.98	142.39	164.15	142.87	183.582	330.97	246.59	177.10	200.85	221.16
30	58.71	101.51	129.85	109.38	142.342	278.97	194.52	128.37	180.33	199.70
31	37.45	71.20	103.86	83.42	108.893	221.56	150.08	91.40	160.05	177.33
32	24.11	49.82	84.73	63.42	83.017	167.23	114.33	65.10	140.66	155.51
33	15.61	35.83	70.28	48.07	63.109	122.19	86.65	46.18	122.66	135.13
34	10.09	27.55	59.07	36.29	47.826	87.91	65.74	33.08	106.26	116.57
35	6.54	22.28	50.28	27.30	36.108	63.14	50.10	25.56	91.59	100.02
36	4.26	18.45	43.22	20.48	27.162	46.38	38.59	21.05	78.61	85.49
37	2.78	15.49	37.44	15.30	20.37	35.88	30.14	17.72	67.37	72.97
38	1.80	13.15	32.60	11.39	15.224	28.84	24.04	15.08	57.91	62.46
39	1.15	11.28	28.52	8.44	11.326	23.59	19.65	12.95	50.17	53.82
40	0.71	9.75	25.04	6.24	8.397	19.53	16.51	11.21	43.89	46.81
41	0.41	8.48	22.04	4.60	6.199	16.33	14.10	9.76	38.78	41.10
42	0.22	7.42	19.44	3.39	4.573	13.78	12.17	8.54	34.56	36.41
43	0.10	6.53	17.19	2.48	3.366	11.72	10.55	7.52	31.05	32.52
44	0.03	5.78	15.23	1.81	2.468	10.03	9.17	6.65	28.10	29.27
45	0.01	5.13	13.51	1.32	1.799	8.64	8.01	5.91	25.59	26.53
46	0.00	4.58	12.01	0.96	1.31	7.49	7.03	5.27	23.65	24.38
47	-	4.08	10.67	0.70	0.952	6.54	6.20	4.71	22.29	22.87
48	-	3.65	9.49	0.50	0.693	5.73	5.49	4.20	21.24	21.70

Lamp. 20 Grafik Peredaman Banjir



Lamp. 21 Rekapitulasi Debit puncak banjir 100 tahun pada masing-masing lokasi

Model	debit banjir jam-jaman (m ³ /detik)				
HMS	Kali Pancur	Tugu Suharto	Simongan	Muara	Limpasan
Tanpa waduk	943.57	1,417.86	1,334.66	1,287.78	717.86
Waduk Jatibarang	600.30	1,229.39	1,181.38	1,144.36	529.39
Skenario 1 (Jatibarang+Mundungan)	358.80	884.83	869.41	820.82	184.83
Skenario 2 (Jatibarang+Garang)					
dengan pintu	600.30	782.85	776.92	765.43	82.85
tanpa pintu	600.30	979.08	961.90	943.55	279.08
Skenario 3 (Jatibarang+Kripik 1&2)	529.13	1,159.19	1,126.14	1,079.50	459.19
Skenario 4 (Jatibarang+Detensi)	600.30	1,417.86	1,347.43	1,314.08	717.86
Skenario 5 (Jatibarang+Normalisasi BKB)	600.30	1,417.86	1,239.45	1,198.13	717.86
Skenario 6(Jtbrg+Mdngn+Grng)	358.80	542.98	536.04	527.07	Aman
Semua	192.98	496.83	491.04	482.10	Aman

RAS	Tugu Suharto	Simongan	Muara
Tanpa waduk	1,475.05	1,361.49	1,320.67
Waduk Jatibarang	1,229.39	1,172.68	1,152.54
Skenario 2 (Jatibarang+Garang)	782.13	779.09	603.81
dengan pintu	834.50	777.99	803.54
tanpa pintu	976.70	970.12	952.39
Skenario 3 (Jatibarang+Kripik 1&2)	1,147.57	1,096.50	1,089.22
Kolam Detensi Panjang			
Normalisasi BKB	1,478.12	1,416.52	1,344.47